



**TUGAS AKHIR - TM 145502**

**ANALISA KERUSAKAN PADA *GEARBOX MAIN  
LUBE OIL PUMP* PLTGU UNIT 1.3 PT. PJB UP  
GRESIK DENGAN METODE *OIL USED ANALYSIS***

**AHMAD DWI YAN SYAHBANA  
NRP. 2112 030 056**

**Dosen Pembimbing  
Ir. ARINO ANZIP, M.Eng.Sc.  
NIP. 196107141988031003**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**



**FINAL PROJECT - TM 145502**

**GEARBOX MAIN LUBE OIL PUMP PLTGU UNIT  
1.3 FAILURE ANALYSIS AT PT. PJB UP  
GRESIK WITH OIL USED ANALYSIS METODE**

**AHMAD DWI YAN SYAHBANA  
NRP. 2112 030 056**

**Counselor Lecturer:  
Ir. ARINO ANZIP, M.Eng.Sc.  
NIP. 196107141988031003**

**DIPLOMA III STUDY PROGRAM  
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Technology of Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**

## LEMBAR PENGESAHAN

### **ANALISA KERUSAKAN PADA GEARBOX MAIN LUBE OIL PUMP UNIT 1.3 PT. PJB UP GRESIK DENGAN METODE OIL USED ANALYSIS**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Bidang Studi Konversi Energi  
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
SURABAYA

Oleh :

**AHMAD DWI YAN SYAHBANA**  
**NRP 2112 030 056**

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

**Ir. Arino Anzip, M.Eng, Sc**  
**NIP 19610714 198803 1 003**

**SURABAYA, JANUARI 2016**



# **ANALISA KERUSAKAN PADA *GEARBOX MAIN LUBE OIL PUMP* UNIT 1.3 PT. PJB UP GRESIK DENGAN METODE *OIL USED ANALYSIS***

**Nama Mahasiswa** : Ahmad Dwi Yan Syahbana  
**NRP** : 2112 030 056  
**Jurusan** : D3 Teknik Mesin FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc

## **ABSTRAK**

*Sistem pelumasan merupakan sebuah sistem yang sangat penting dalam menjaga keandalan gearbox main lube oil pump. Fungsinya tidak hanya untuk pelumasan kerja saja, tetapi untuk memindahkan kotoran dan mendinginkan bantalan turbin.*

*Dalam penelitian ini objek yang digunakan adalah Gearbox main lube oil pump PLTGU unit 1.3 pada di PT. PJB UP GRESIK., penelitian dimulai dengan observasi data dan studi beberapa literature terkait, dilanjutkan dengan mentoring bersama teknisi predictive maintenance, kemudian dilakukan pengambilan gambar actual serta data oil used analysis sesuai dengan SOP (Standard Operational Procedure). Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode oil sampling. Setelah dilakukan pengambilan data maka dilakukan analisa dari data oil used analysis yang didapat berdasarkan standart EPRI (Electric Power Research Institute).*

*Dari hasil penelitian didapatkan bahwa kerusakan gearbox main lube oil pump diakibatkan oleh adanya kerusakan pada gears 4 dan 5 yang mengalami keausan dan patah secara bertahap sehingga mengakibatkan menurunnya efisiensi pada kinerja gearbox. Setelah dilakukan perawatan dengan penggantian part gears 4 dan 5 pada gearbox ,uji karakteristik menunjukkan pada kondisi normal dengan ferrous index adalah 73,6 menurun menjadi 0.0 serta nilai kontaminasi yang sebelumnya high fault yaitu 21 turun menjadi normal yaitu 14.*

**Kata kunci** : ***Sistem pelumasan, Gearbox, MLOP (Main Lube Oil Pump)***



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



# GEARBOX FAILURE ANALYSIS OF MAIN LUBE OIL PUMP UNIT 1.3 PT. PJB UP GRESIK WITH OIL USED ANALYSIS METODE

**Student Name** : Ahmad Dwi Yan Syahbana  
**NRP** : 2112 030 056  
**Department** : D3 Teknik Mesin FTI-ITS  
**Counselor Lecturer** : Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc

## ABSTRACT

*Lubrication system is a system that is very important in maintaining the reliability of the main gearbox lube oil pump. Lubrication function is not only to work, but to remove dirt and cool the turbine bearings.*

*In this study the object used is the main gearbox lube oil pump unit PLTGU 1.3 at PT. PJB UP Gresik., The study began with the observation data and studies some related literature, followed by a joint mentoring predictive maintenance technician, then do the actual shooting as well as data analysis of used oil in accordance with SOP (Standard Operating Procedure). Data were collected using sampling oil. After data collection, the analysis of the data analysis of used oil obtained by standard EPRI (Electric Power Research Institute).*

*The result showed that the damage to the main gearbox lube oil pump caused by the damage to the gears 4 and 5 are experiencing gradual wear and fracture which resulted in a decreased efficiency in the performance of gearbox. After treatment with replacement parts gears 4 and 5 on the gearbox, the test showed the characteristics under normal conditions with ferrous index was 73.6 decreased to 0.0 and the value of the previously high contamination fault is 21 drops to normal is 14.*

**Keywords:** *lubrication system, Gearbox, MLOP (Main Lube Oil Pump)*



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat serta hidayah-Nya, sehingga tugas akhir dengan judul “ANALISA KERUSAKAN PADA *GEARBOX MAIN LUBE OIL PUMP* UNIT 1.3 PT. PJB UP GRESIK DENGAN METODE *OIL USED ANALYSIS*” dapat diselesaikan dengan tepat waktu.

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh mahasiswa Program Studi D3 Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember untuk bisa mencapai kelulusan. Selain itu tugas akhir ini juga merupakan suatu bukti yang dapat diberikan kepada almamater dan masyarakat untuk kehidupan sehari-hari.

Banyak pihak yang telah bersedia membantu hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Arino Anzip, M.Eng.Sc selaku dosen pembimbing.
2. Bapak Ir. Suhariyanto, MT selaku Kepala Program Studi D3 Teknik Mesin ITS.
3. Ibu Liza Rusdiana, ST., MT selaku koordinator Tugas Akhir D3 Teknik Mesin ITS.
4. Dosen-dosen Penguji Tugas Akhir.
5. Kedua orang tua yang saya cintai dan keluarga yang sudah memberikan dukungan doa, semangat, dan dorongan.
6. Kepada perusahaan PT. PJB UP Gresik atas ijin survey data Tugas Akhir ini.
7. Bapak Fuad Arifin selaku supervisor Corrective Mechanic PLTGU UP Gresik.
8. Seluruh dosen dan karyawan program studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS, yang telah memberikan ilmunya selama duduk di bangku kuliah.
9. Andik febriansyah dan Hendra Eka Prasetya Putra, selaku partner TA yang telah banyak berbagi ilmu dan saran.
10. Bima Aditya K, Eko Yulianto, Rainaldo Lazuardi, Asri krisnaini, Adi Purnomo, Dini Dwi Lestari, Nurlaili Ulfi, Hasniah Azis Nova, Renda Ayu Fabella, dan Noorahma



Ayuningtyas yang telah memberikan dukungan moral dan motivasi dalam penyelesaian buku Tugas Akhir.

11. Semua pihak yang tidak dapat kami saya sebutkan satu persatu, saya mengucapkan terimakasih.

Penulis menyadari bahwa terdapat kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, namun bukan suatu kesengajaan, melainkan semata-mata disebabkan kekhilafan dan keterbatasan ilmu pengetahuan yang dimiliki. Karena itu diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	
Abstrak.....	v
Kata Pengantar.....	ix
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Tabel.....	xiv

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Metode Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	3

### BAB II DASAR TEORI

2.1 Predictive Maintenance.....	5
2.1.1 Manfaat dan tujuan Predictive Maintenance.....	6
2.1.2 Metode Predictive Maintenance.....	8
2.1.2.1 Vibration monitoring and analysis.....	9
2.1.2.2 Infrared thermography Inspection.....	9
2.1.2.3 Tribologi.....	10
2.1.2.4 Non Destructive Test.....	11
2.1.2.5 Inspeksi Visual.....	11
2.1.2.6 Monitoring Ultrasonik.....	12
2.1.3 Oil Used Analysis.....	12
2.1.3.1 Lube Oil Analysis.....	16
2.2 Cara Menggunakan Metode Oil Used Analysis.....	17
2.3 Metode Uji Oil Sampling.....	18
2.4 Standarisasi Satuan Oil Sampling.....	19
2.5 Fault Tree Analysis.....	20
2.6 Lube Oil System.....	22

### BAB III METODOLOGI

3.1 Metodologi Pengujian.....	41
3.2 Spesifikasi Gearbox.....	44

3.3 Metode Uji Oil Sampling .....	44
3.3.1 Peralatan Uji Oil Sampling.....	45
3.3.2 Metode Oil Sampling.....	50

#### **BAB IV PEMBAHASAN**

4.1 Data Hasil Oil Used Analysis .....	53
4.2. Standard of Oil Used Analysis Inspection.....	56
4.2.1 Fault Tree Analysis.....	58
4.2.2 Failure Mode and Effect Analysis. ....	60
4.3 Analisa Penyebab Kerusakan Gearbox.....	62
4.4 Penyebab Kerusakan Gearbox MLOP.....	63
4.5 Pengujian Ulang Hasil Maintenance .....	64
4.6 Penyebab Kerusakan Gearbox di Lapangan.....	68
4.7 Perawatan Gearbox MLOP.....	69

#### **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	71

DAFTAR PUSTAKA.....	73
---------------------	----

#### **LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Alur Pelumasan Turbin Gas.....	44
Gambar 2.2	Lube Oil Reservoir.....	44
Gambar 2.3	Main Lube Oil Pump.....	44
Gambar 2.4	Auxilliary Lube Oil Pump.....	44
Gambar 2.5	Emergency Oil Pump.....	44
Gambar 2.6	Lube Oil Cooler.....	44
Gambar 2.7	Vapor Extractor.....	44
Gambar 2.8	Lube Oil Filter.....	44
Gambar 2.9	Jacking Oil Pump.....	44
Gambar 2.10	Gearbox.....	44
Gambar 2.11	Skema Perpindahan Tenaga.....	44
Gambar 2.12	Gears Gearbox.....	44
Gambar 2.13	Helical Gears.....	44
Gambar 2.14	Spurs Gears.....	44
Gambar 3.1	Viscometer.....	44
Gambar 3.2	Flash Point Tester.....	44
Gambar 3.3	Hydrometer.....	44
Gambar 3.4	Contamikit.....	44
Gambar 3.5	Colorimeter.....	44
Gambar 3.6	Microscope.....	44
Gambar 4.1	Data Hasil Oil Used Analysis.....	44
Gambar 4.2	Diagram FTA Penyebab Kerusakan Gearbox..	44
Gambar 4.3	Data Oil Used Analysis Setelah Maintenance..	44
Gambar 4.4	Gear Mengalami Aus.....	44
Gambar 4.5	Spurs Gears yang Sudah Diganti Baru.....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	spesifikasi gearbox main lube oil pump.....	44
Tabel 4.1	data hasil oil used analysis .....	54
Tabel 4.2	standard tindakan uji oil used analysis.....	55
Tabel 4.3	istilah dalam metode fault tree analysis.....	57
Tabel 4.4	simblo-simbol dalamfault tree analysis.....	57
Tabel 4.5	fmea kerusakan gearbox.....	60
Tabel 4.6	data oil used analysissetelah maintenance.....	63



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Di Indonesia terdapat berbagai macam unit pembangkitan listrik. Energi listrik dari unit pembangkitan tersebut diperoleh tergantung pada jenis pembangkitnya. PT PJB Unit Pembangkitan Gresik merupakan salah satu unit pembangkit listrik yang terhubung dalam sistem interkoneksi Jawa-Bali. PT PJB ini mengoperasikan 3 jenis mesin pembangkit, yaitu PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Gas), PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) dan PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap). Sebagai produsen penghasil listrik, PLTGU PT PJB melayani kebutuhan listrik wilayah pulau Jawa dan Bali. Untuk dapat menjaga kinerja dari sebuah peralatan serta untuk dapat mengoptimalkan proses produksi dari PT PJB Unit Pembangkitan Gresik dibutuhkan metode perawatan yang baik dan tepat sehingga proses distribusi listrik tidak terhambat. Metode perawatan utama yang digunakan pada PT PJB Unit Pembangkitan Gresik diantaranya *predictive maintenance*, *preventive maintenance*, dan *corrective maintenance*.

Sistem pelumasan (*lube oil sytem*) merupakan sebuah sistem yang sangat penting dalam menjaga keandalan turbin gas. Fungsinya sendiri tidak hanya terbatas untuk pelumasan kerja saja, tetapi memindahkan panas, memindahkan kotoran dan mendinginkan bantalan turbin.

Sistem pelumasan yang digunakan pada PLTGU UP Gresik adalah sistem pelumasan tertutup bertekanan. Sistem tertutup sendiri memiliki sifat mensirkulasikan pelumas yang sama secara berulang-ulang. Sistem sirkulasi tertutup bertekanan menggunakan minyak untuk melumasi bagian-bagian yang perlu dilumasi. Pada saat ini perkembangan teknologi semakin maju dengan pesat. Hampir setiap detik terjadi inovasi-inovasi baru terhadap teknologi energi. Khususnya perkembangan teknologi energi listrik pada mesin pembangkit tenaga gas uap (PLTGU) di Pembangkitan Jawa-Bali Gresik.



Laju teknologi energi yang begitu cepatnya membuat manusia harus mampu mengolah berbagai sumber daya alam yang ada untuk mengolahnya menjadi sumber untuk memperbarui energi listrik yang ada.

Pada tugas akhir ini dilakukan pengidentifikasian penyebab kerusakan *gearbox* di PLTGU Gresik, kerusakan terjadi karena vibrasi tinggi dan over clearan. maka penulis akan menulisdengan judul “ANALISA KERUSAKAN PADA *GEARBOX MAIN LUBE OIL PUMP* PLTGU unit 1.3 PT. PJB UP GRESIK DENGAN METODE *OIL USED ANALYSIS*”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka perlu diketahui :

1. Bagaimanakah cara *melakukan predictive maintenance* dengan metode *oil used analysis*?
2. Faktor apa sajakah yang menyebabkan terjadinya permasalahan *gearbox*?
3. Bagaimana cara menanggulangi kerusakan yang terjadi pada *gearbox*?

## 1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mampu memahami tentang *predictive maintenance gearbox main lube oil pump* dengan metode *oil used analysis*.
2. Mampu mengetahui kerusakan yang ada di *gearbox main lube oil pump*.
3. Mengetahui *maintenance* yang dilakukan terhadap Mampu mengetahui kerusakan yang ada di *gearbox main lube oil pump*.

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, ada beberapa batasan masalah yang diberikan agar penelitian mendapatkan hasil dan kesimpulan yang baik. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Komponen yang dianalisa adalah *gearbox main lube oil pump* PLTGU unit 1.3.

2. Data yang didapat dari *oil used analysis* predictive maintenance PLTGU, RENDAL HAR PLTGU Blok 1, dan perpustakaan PT PJB UP GRESIK.
3. Analisa yang digunakan berdasarkan *predictive maintenance* dengan metode *oil used analysis*.

### 1.5 Manfaat Tugas Akhir

Pengidentifikasian ini diharapkan dapat memahami dan mengetahui masalah-masalah yang sering terjadi pada pelumasan khususnya di *gearbox*. Dan dapat memiliki gagasan baru untuk mencegah dan mengatasi masalah yang serupa dengan metode baru yang lebih signifikan.

Ada pun manfaat yang diharapkan oleh penulis laporan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui cara perawatan yang dilakukan untuk menanggulangi kerusakan yang lebih parah
2. Mengetahui kondisi yang sebenarnya dari keadaan sehingga jika mulai terjadi keabnormalan keadaan, kita dapat melakukan tindakan perbaikan secepatnya
3. Menambah pengetahuan bagi penulis dan pembaca makalah ini tentang *oil used analysis*.
4. Menambah perbendaharaan makalah mengenai *oil used analysis*
5. Bagi pembaca dapat dijadikan awal pembelajaran untuk lebih mengetahui dan mahami serta menjadikan tambahan pengetahuan serta wawasan tentang suatu pembangkit khususnya PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap).

### 1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Penulisan laporan Tugas Akhir ini disusun dalam 5 bab, yaitu:

- **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang dari pengambilan materi penelitian penulis, batasan masalah, perumusan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan laporan.



- **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini menjelaskan tentang teori – teori perawatan dan hasil penelitian sebelumnya.

- **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas mengenai prosedur metode untuk melakukan pengujian yang meliputi studi literature, identifikasi masalah, pengambilan data, survey lapangan dan flow chart metodologi penyusunan tugas akhir.

- **BAB IV PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang kerusakan dan pembahasan masalah dari *gearbox* menggunakan metode *oil used analysis* sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan.

- **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dimana penjelasan dari perawatan dan saran dari penulis buku ini dari permasalahan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 *Predictive Maintenance*

*Predictive Maintenance* merupakan perawatan yang bersifat prediksi, dalam hal ini merupakan evaluasi dari perawatan berkala (*Preventive Maintenance*). Pendeteksian ini dapat dievaluasi dari indikator-indikator yang terpasang pada instalasi suatu alat dan juga dapat melakukan pengecekan vibrasi dan alignment untuk menambah data dan tindakan perbaikan selanjutnya. *Predictive Maintenance* ini akan memprediksi kapan akan terjadinya kerusakan pada komponen tertentu pada mesin dengan cara melakukan analisa trend perilaku mesin/peralatan kerja. Berbeda dengan *Periodic maintenance* yang dilakukan berdasarkan waktu (*Time Based*), *Predictive Maintenance* lebih menitikberatkan pada Kondisi Mesin (*Condition Based*).

Pengembangan pola pemeliharaan prediktif, memanfaatkan berbagai peralatan tes, peralatan monitoring yang telah dimiliki dan mengikuti berbagai metoda analisis yang dapat diterapkan dalam meningkatkan kualitas pemeliharaan maupun keandalan operasi pembangkit serta efektifitas dalam penggunaan biaya pemeliharaan itu sendiri.

*Predictive maintenance* bukanlah metode yang ampuh untuk semua faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan dari suatu peralatan di pabrik. Bahkan tidak dapat secara langsung mempengaruhi kinerja dari suatu pabrik. Perawatan prediktif pada dasarnya merupakan filosofi atau perilaku yang menggunakan kondisi operasi sesungguhnya dari peralatan untuk mengoptimalkan operasi pabrik.

Output dari perawatan dari program prediktif adalah data. Perawatan ini termasuk jenis “condition-based maintenance” dimana perubahan kondisi mesin atau peralatan dapat dideteksi sehingga tindakan yang bersifat proaktif dapat segera dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin (*Higgins, 2002*).

Dewasa ini, pola pemeliharaan prediktif dianggap lebih efektif dan efisien karena pemeliharaan dilakukan berdasarkan hasil pengamatan (*monitoring*) dan analisa untuk menentukan kondisi dan kapan pemeliharaan akan dilaksanakan, berbeda

dengan pola pemeliharaan yang lain seperti pada pola pemeliharaan time base maintenance. Pada pola pemeliharaan time base maintenance, pemeliharaan dilakukan hanya berdasarkan pada jam operasi peralatan/komponen tanpa mempertimbangkan apakah peralatan tersebut masih baik atau tidak.

Penggunaan dari teknologi *predictive maintenance* memungkinkan kinerja dari departemen perawatan dapat meningkat karena kondisi permesinan dapat diketahui dengan baik tanpa menghentikan jalannya mesin. Perawatan prediktif menunjukkan penyimpangan dari kondisi normal kerja mesin dan dengan cara ini dapat memberikan cara yang lebih handal untuk mengetahui kerusakan yang sedang dan akan terjadi, dengan menunjukkan komponen yang rusak maka pihak manajemen dapat menyiapkan komponen sesuai kebutuhan yang diinginkan. Kunci utama perawatan prediktif adalah mendeteksi adanya kerusakan atau kesukaran yang akan terjadi atau *impending trouble* dan segera menyelesaikan masalah tersebut sebelum terjadinya kerusakan mesin atau *machine breakdown*.

Perawatan prediktif bekerja berdasarkan proses monitoring condition yang dilakukan terhadap peralatan yang diinginkan. Hasil dari proses ini adalah data – data hasil pengukuran atau pengujian yang selanjutnya data – data tersebut dibandingkan dengan data – data acuan yang telah diketahui sebelumnya (*known engineering limit*) untuk menentukan kondisi operasi dari peralatan tersebut. Teknik pemantauan yang umumnya digunakan dalam perawatan prediktif meliputi monitoring vibrasi, proses parameter, tribologi, metode termografi, inspeksi visual dan metode *non – destructive testing* seperti metode ultrasonik. (Higgins, 2002).

### **2.1.1 Manfaat dan Tujuan Predictive Maintenance**

Manfaat dari *Condition monitoring Predictive Maintenance* adalah :

- Memperpanjang hidup mesin

Karena metode *predictive maintenance* merupakan perawatan berdasarkan hasil pengamatan (*condition monitoring*) kita bisa mengetahui keadaan suatu mesin



tersebut. Bila ada yang tidak normal di dalam mesin tersebut, secepatnya kita bisa memperbaiki mesin tersebut sebelum rusak. Sehingga kita bisa memperpanjang umur dari suatu mesin yang dilakukan *predictive maintenance*.

- Memperbaiki efisiensi dari mesin beserta kinerjanya  
Dengan memperbaiki keadaan suatu mesin tersebut, kita bisa memperbaiki mesin tersebut bila keadaan mesin tersebut tidak sesuai dengan kondisi normalnya. Setelah diperbaiki maka efisiensi dari mesin tersebut beserta kinerjanya akan naik.
- Digunakan untuk manajemen perawatan  
Setelah mendapatkan data-data dari *predictive maintenance* kita bisa melakukan manajemen perawatan di *plant* tersebut. Manajemen perawatan akan mengurangi biaya perawatan dan juga dapat meminimalisasikan proses *breakdown* yang tidak terjadwal.
- *Predictive maintenance* digunakan sebagai alat peningkatan keandalan suatu peralatan.

*Predictive maintenance* digunakan supaya peralatan tersebut selalu dalam kondisi handal dan tangguh ketika digunakan.

- Memberikan data – data hasil pengukuran yang dapat digunakan untuk evaluasi, modifikasi dan perbaikan peralatan di kemudian hari.

Dengan diketahuinya data-data dari *predictive maintenance* kita bisa menjadwalkan perawatan rutin (*preventive maintenance*) dan bisa mengevaluasi peralatan – peralatan baik yang baru maupun yang sudah lama berdasarkan data tersebut.

Keuntungan utama penerapan perawatan prediktif adalah meningkatkan kesiapan peralatan pabrik karena keandalan mesin yang lebih bagus. Kecenderungan rusaknya mesin dimasa mendatang dapat diantisipasi dengan baik sehingga dengan demikian aktivitas perawatan yang direncanakan akan cocok dengan jadwal shutdown peralatan. Keuntungan lain yang didapat adalah berkaitan dengan menurunnya biaya spare part peralatan

dan upah buruh. Mesin yang mengalami kerusakan selama beroperasi akan menyebabkan biaya perbaikan kira - kira 10 kali lebih besar dibandingkan bila kegiatan repair dilakukan sesuai jadwal. Banyak kasus terjadi dimana mesin mengalami kerusakan setelah startup dimana hal ini biasanya terjadi karena *built-in defect* maupun pemasangan yang tidak sesuai prosedur. Teknik perawatan prediktif dapat digunakan untuk menjamin alignment (R. Krith Mobley, 2002).

- ❖ Mengurangi atau meminimumkan kerusakan peralatan
- ❖ Memperbaiki efisiensi mesin dan kinerjanya
- ❖ Data menciptakan petunjuk perawatan prediktif
- ❖ Memberikan data – data hasil pengukuran yang dapat digunakan untuk modifikasi dan perbaikan peralatan di kemudian hari
- ❖ Memberikan metoda untuk penerimaan mesin baru

### **2.1.2 Metode Predictive Maintenance**

Berbagai teknologi dapat digunakan sebagai alat untuk melaksanakan program perawatan prediktif seperti :

#### **1. Pemilihan Peralatan**

Tidak perlu seluruh peralatan mesin dipelihara secara prediktif, tetapi langkah yang lebih baik adalah memilih peralatan-peralatan yang kritis atau mahal, juga dipengaruhi oleh fungsi dan kondisi spesifik suatu peralatan misalnya : piston, turbocharger, governor, jacket water pump, generator, compressor dll.

#### **2. Pengumpulan Data Sejarah Mesin**

Riwayat mesin dapat dipakai sebagai pendekatan teknik pemantauan dan analisa pemeliharaan. Data/informasi tersebut dapat berupa : data desain, data sejarah mesin dan data sejarah operasi mesin lain yang sejenis (jika ada).

#### **3. Pemasangan Alat-alat Sensor**

Pemasangan alat-alat sensor pada bagian-bagian tertentu untuk dapat memantau kondisi peralatan



sangat diperlukan. Pemantauan itu meliputi : vibrasi, temperatur, tekanan, laju aliran, korosi dan lain sebagainya.

#### 4. Pemantauan Rutin

Pemantauan dilaksanakan ketika unit sedang beroperasi atau unit sedang stop, tergantung pada objek yang akan dipantau.

Teknik pemantauan dan analisa pemeliharaan prediktif antara lain:

##### **2.1.2.1 *Vibration Monitoring and Analysis***

Digunakan untuk pemantauan dan analisa sifat-sifat getaran mesin untuk mencari sumber-sumber penyebab vibrasi yang dapat menyebabkan kerusakan. Alat ukur yang dipakai adalah : *Vibration meter, Vibration monitor dan Vibration analyzer*, yang dipasang permanen atau portable, dapat dipasang pada bagian mesin yang diperkirakan sensitif terhadap vibrasi seperti : rumah bearing, motor listrik, pompa dan lain-lain. Untuk mendapatkan hasil pengukuran dan analisa vibrasi yang optimal, dapat dilakukan pada suatu beban tertentu atau minimal pada beban : 60 %, 75 % dan 90 %. Untuk beban 100 % bisa dilakukan jika dianggap perlu. Grafik data bisa digabung dengan parameter lain seperti : temperatur minyak pelumas bearing dan tekanan minyak pelumas bearing. Dengan melakukan monitoring vibrasi, gejala kerusakan pada peralatan dapat ditangkap lebih dini, dimonitor dan ditrend untuk memprediksi kapan peralatan tersebut dapat di stop untuk dilakukan perbaikan sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah. Dan dengan kegiatan *vibration monitoring*, berbagai macam kerusakan pada *rotating machine* seperti kerusakan *bearing, misalignment, unbalance* dan lainnya dapat dideteksi.

##### **2.1.2.2 *Infrared Thermography Inspection***

Pemantauan dilakukan untuk mencari lokasi sumber panas yang tidak normal dengan menggunakan termometer digital (manual atau digital), *thermocouple*, radiasi infra merah (*infrared temperature*). Ketidaknormalan disebabkan: isolasi yang tidak baik, kurangnya pelumasan, kebocoran, korosi, keausan bearing, beban lebih dan panas berlebih. Objek yang diamati dan dimonitor seperti : generator, *cylinder head*, motor listrik, pompa, rumah bearing, dan lain-lain. Beberapa kegiatan *infrared inspection* yang dilakukan di *power plant* telah menghemat cost perusahaan hingga jutaan dollar. Hal ini menunjukkan bahwa inspeksi ini merupakan bagian yang sangat penting dalam rangka penghematan terhadap *loss of production* yang mungkin bisa terjadi. Beberapa jenis kerusakan yang sering ditemukan adalah *bearing failure*, *hotspot*, dan *plugging*.

#### **2.1.2.3 Tribology (Oil Used Analysis)**

*Tribology* adalah istilah umum yang mengacu pada desain dan dinamika operasi struktur dukungan bantalan-pelumasan-rotor mesin. Dua teknik utama yang digunakan untuk pemeliharaan prediktif: pelumas analisis minyak dan analisis partikel keausan.

Fokus pelaksanaannya adalah mengamati dan menganalisa minyak pelumas. Untuk kondisi harian, analisa minyak pelumas dapat dimonitoring dari kondisi seperti: laju aliran minyak pelumas, suhu, tekanan dan sebagainya. Sedangkan secara periodik adalah hasil analisa dari laboratorium seperti: viskositas, kadar air, TAN, TBN, titik nyala, titik beku, warna, sediment dan lain-lain. Dari hasil analisa, maka dapat ditentukan kapan penggantian atau treatment minyak pelumas dilakukan.

Standard-standard yang dipakai adalah:

- a. Ketentuan pabrik pembuat.
- b. Data sejarah / riwayat mesin yang sejenis
- c. Data komisioning test pada awal operasi
- d. SPLN



#### **2.1.2.4 Non Destructive Test**

Kebanyakan pabrik tidak menganggap bahwa efisiensi mesin atau peralatan merupakan bagian dari perawatan prediktif namun demikian mesin yang tidak bekerja dengan efisiensi yang semestinya akan mengganggu kapasitas produksi pabrik.

Oleh karena itu program perawatan prediktif yang menyeluruh harus melibatkan monitoring secara rutin proses parameter. Sebagai contoh pentingnya proses parameter, perhatikan pentingnya fungsi pompa dalam menunjang operasi pabrik. Pengujian vibrasi dan thermography dapat digunakan untuk mengetahui kondisi mekanis dari pompa tersebut tetapi keduanya tidak dapat menjelaskan besarnya efisiensi operasi dari pompa. Bisa jadi kedua pengujian tersebut tidak menunjukkan sama sekali masalah yang bersifat mekanis tetapi pada kenyataannya pompa tersebut beroperasi dengan efisiensi hanya kurang dari 50%. Jika proses parameter diterapkan pada suatu pompa maka diperlukan data-data seperti tekanan *suction* dan *discharge* serta besarnya arus listrik yang masuk ke motor listrik.

Monitoring proses parameter harus mencakup semua peralatan dan sistem yang berkaitan dengan proses di pabrik. Peralatan yang termasuk program ini meliputi pompa, kompresor, turbin, heat exchanger, fan, blower, ketel uap, dan beberapa sistem lainnya. Penerapan proses parameter dalam sistem perawatan prediktif harus dibarengi dengan penyediaan metoda data akuisisi yang memadai (Higgins, 2002).

#### **2.1.2.5 Inspeksi Visual**

Inspeksi regular pada mesin dan sistem pada pabrik merupakan bagian penting untuk setiap program pemeliharaan prediktif. pada beberapa kasus, inspeksi visual akan mendeteksi masalah potensial yang mungkin terlewatkan apabila menggunakan teknik pemeliharaan prediktif yang lain.

Sekalipun menggunakan teknik pemeliharaan prediktif, beberapa masalah potensial tetap tidak terdeteksi. Inspeksi visual rutin dari semua sistem pabrik yang kritis bisa merupakan pilihan terbaik dan membantu jaminan bahwa masalah potensial akan terdeteksi sebelum gangguan serius terjadi.

Inspeksi visual sering kali menjadi tanggung jawab departemen produksi dibandingkan dengan teknik pemeliharaan produktif. beberapa program mengabaikan pemakaian cara ini, dan beberapa diantaranya salah. Inspeksi visual merupakan unsur kritis bagi suksesnya program.

#### ***2.1.2.6 Monitoring Ultrasonic***

Teknik pemeliharaan prediktif ini memiliki prinsip similar dengan analisis getaran. Keduanya memonitor suara yang dibangkitkan oleh mesin pabrik, atau sistem untuk menentukan kondisi operasi aktual tidak seperti monitor ultrasonik memonitor frekuensi yang lebih tinggi (suara ultra )yang terjadi secara dinamis dari sistem mesin dan proses. daerah monitoring normal pada analisis getaran mulai kurang dari 1 Hertz hingga 20.000 Hertz. Monitor teknik ultrasonik memiliki daerah frekuensi diantara 20.000 dan 100 kHz

Prinsip pemakaian monitoring ultrasonik terdapat pada deteksi kebocoran. Aliran turbulen cairan dan gas melalui orifice terhambat seperti kebocoran, akan meninggalkan jejak frekuensi tinggi yang mudah ditandai menggunakan teknik ultrasonik. Teknik ini ideal untuk mendeteksi bocoran katup, uap terjebak, pipa, dan proses yang lain.

#### ***2.1.3 Oil Used Analysis***

Fokus pelaksanaannya adalah mengamati dan menganalisa minyak pelumas. Untuk kondisi harian, analisa minyak pelumas dapat dimonitoring dari kondisi seperti: laju aliran minyak pelumas, suhu, tekanan dan sebagainya.



Sedangkan secara periodik adalah hasil analisa dari laboratorium seperti: viskositas, kadar air, TAN, TBN, titik nyala, titik beku, warna, sediment dan lain-lain. Dari hasil analisa, maka dapat ditentukan kapan penggantian atau treatment minyak pelumas dilakukan.

Standard-standard yang dipakai adalah:

- a. Ketentuan pabrik pembuat.
- b. Data sejarah / riwayat mesin yang sejenis

Dalam metode *oil used analysis*, terdapat beberapa hal yang perlu dianalisis antara lain :

### 1. Viskositas

Viskositas adalah salah satu sifat yang paling penting dari minyak pelumas. Viskositas yang sebenarnya sampel minyak dibandingkan dengan sampel yang tidak terpakai untuk menentukan penipisan atau penebalan sampel selama penggunaan. Berlebihan viskositas rendah akan mengurangi kekuatan film minyak, melemahnya kemampuan untuk mencegah kontak logam-ke-logam. Berlebihan viskositas tinggi dapat menghambat aliran yang minyak untuk lokasi penting dalam struktur dukungan bantalan, mengurangi kemampuannya untuk melumasi.

### 2. Kontaminasi

Kontaminasi minyak oleh air atau pendingin dapat menyebabkan masalah besar dalam sistem pelumas. Banyak aditif sekarang digunakan dalam merumuskan pelumas mengandung unsur-unsur yang sama yang digunakan dalam aditif pendingin. Oleh karena itu, laboratorium harus memiliki analisis yang akurat minyak baru untuk perbandingan.

### 3. Fuel dilution

Pengenceran minyak dalam mesin, yang disebabkan oleh kontaminasi bahan bakar, melemahkan

kekuatan minyak film, penyegehan kemampuan, dan deterjen. Operasi yang tidak benar, kebocoran sistem bahan bakar, masalah pengapian, timing yang tidak tepat, atau lainnya defisiensi dapat menyebabkan itu. Pengenceran bahan bakar dianggap berlebihan saat mencapai tingkat 2,5 sampai 5 persen.

#### 4. Padatan Konten

Jumlah padatan dalam sampel minyak adalah tes umum. Semua bahan padat dalam minyak diukur sebagai persentase dari volume sampel atau berat. Kehadiran padatan dalam sistem pelumas dapat signi cantly fi meningkatkan keausan pada bagian dilumasi. Setiap kenaikan tak terduga dalam padatan dilaporkan adalah memprihatinkan.

Jelaga bahan bakar Jelaga yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar merupakan indikator penting untuk minyak yang digunakan dalam mesin diesel dan selalu hadir untuk batas tertentu. Sebuah tes untuk mengukur jelaga bahan bakar minyak mesin diesel ini penting karena menunjukkan efisiensi bahan bakar pembakaran mesin. Kebanyakan tes untuk jelaga bahan bakar dilakukan dengan analisis inframerah.

#### 5. Oksidasi

Oksidasi minyak pelumas dapat mengakibatkan deposito lacquer, korosi logam, atau penebalan minyak. Kebanyakan pelumas mengandung inhibitor oksidasi; Namun, ketika aditif yang digunakan, oksidasi minyak dimulai. Jumlah oksidasi dalam sampel minyak diukur dengan analisis inframerah diferensial.

#### 6. Nitrase

Nitrasi hasil dari pembakaran bahan bakar di mesin. Produk yang terbentuk adalah sangat asam, dan mereka dapat meninggalkan deposito di daerah pembakaran. Nitrasi akan mempercepat oksidasi minyak.



Analisis inframerah digunakan untuk mendeteksi dan mengukur produk nitrase.

#### 7. Total Jumlah Asam

*Total Acid Number* (TAN) atau Keasaman minyak adalah ukuran jumlah bahan asam atau asam-seperti dalam sampel minyak. Karena minyak baru mengandung aditif yang mempengaruhi TAN, penting untuk membandingkan sampel oli bekas dengan yang baru, minyak yang tidak terpakai dari jenis yang sama. Analisis biasa pada interval yang spesifik penting untuk evaluasi ini.

#### 8. Total Jumlah Base

*Total Base Number* (TBN) adalah Jumlah dasar menunjukkan kemampuan minyak untuk menetralkan keasaman. Semakin tinggi TBN, semakin besar kemampuannya untuk menetralkan keasaman. Penyebab khas dari TBN rendah termasuk menggunakan minyak yang tidak tepat untuk sebuah aplikasi, menunggu terlalu lama antara perubahan minyak, terlalu panas, dan menggunakan bahan bakar yang tinggi-sulfur.

#### 9. Partikel tes

Hitungan Hitungan partikel penting untuk mengantisipasi sistem atau mesin potensi masalah. Hal ini terutama berlaku dalam sistem hidrolik. Analisis penghitungan partikel dibuat sebagai bagian dari analisis minyak pelumas normal berbeda dari analisis partikel keausan. Dalam tes ini, jumlah partikel yang tinggi menunjukkan mesin yang mungkin memakai normal atau kegagalan dapat terjadi karena sementara atau permanen diblokir ori ces fi. Tidak ada upaya dilakukan untuk menentukan pola pakaian, ukuran, dan faktor-faktor lain yang akan mengidentifikasi modus kegagalan dalam mesin.

#### 10. Analisis *spectrographic*

Analisis *spectrographic* memungkinkan akurat, pengukuran yang cepat dari banyak elemen hadir dalam minyak pelumas. Unsur-unsur ini umumnya diklasifikasikan sebagai logam pakai, kontaminan, atau aditif. Beberapa elemen dapat terdaftar di lebih dari satu ini spesifikasi-klasifikasi. Standar pelumas analisis minyak tidak berusaha untuk menentukan mode kegagalan yang spesifik mengembangkan masalah mesin-kereta. Oleh karena itu, teknik tambahan harus digunakan sebagai bagian dari program pemeliharaan yang komprehensif prediktif.

##### **2.1.3.1 Lube Oil Analysis**

*Lube Oil Analysis*, seperti namanya, adalah teknik analisis yang menentukan kondisi minyak pelumas yang digunakan dalam peralatan mekanik dan listrik. Ini bukan alat untuk menentukan kondisi operasi mesin atau mendeteksi modus kegagalan potensial. Secara sederhana, analisis minyak pelumas harus dibatasi program proaktif untuk melestarikan dan memperpanjang umur pelumas. Meskipun beberapa bentuk pelumas analisis minyak dapat memberikan rincian kuantitatif yang akurat dari individu unsur-baik kimia aditif minyak dan kontaminan yang terkandung dalam minyak-teknologi tidak dapat digunakan untuk mengidentifikasi modus kegagalan yang spesifik atau akar-penyebab masalah baru jadi dalam mesin dilayani oleh sistem minyak pelumas.

Aplikasi utama untuk pelumas analisis minyak kontrol kualitas, pengurangan persediaan minyak pelumas, dan penentuan interval yang paling hemat biaya untuk ganti oli. Pelumas, hidrolik, dan minyak dielektrik dapat berkala dianalisis dengan menggunakan teknik ini untuk menentukan kondisi mereka. Hasil analisis ini dapat digunakan untuk menentukan apakah minyak memenuhi persyaratan pelumas mesin atau aplikasi. Berdasarkan hasil



analisis, pelumas dapat diubah atau ditingkatkan untuk memenuhi persyaratan operasi yang spesifik.

Selain itu, analisis rinci tentang sifat kimia dan fisik minyak yang berbeda digunakan di pabrik, dalam beberapa kasus, memungkinkan konsolidasi atau pengurangan jumlah dan jenis pelumas yang diperlukan untuk mempertahankan peralatan pabrik. Penghapusan duplikasi yang tidak perlu dapat mengurangi tingkat persediaan yang dibutuhkan dan karena itu biaya pemeliharaan. Sebagai alat pemeliharaan prediktif, pelumas analisis minyak dapat digunakan untuk menjadwalkan interval penggantian oli berdasarkan kondisi aktual minyak. Dalam menengah untuk tanaman besar, pengurangan jumlah perubahan minyak dapat mencapai pengurangan tahunan yang cukup besar dalam biaya pemeliharaan. Sampel relatif murah dan pengujian dapat menunjukkan ketika minyak di mesin telah mencapai titik yang berubah standard.

## **2.2 Cara Menggunakan Metode *Oil Used Analysis***

Berbagai teknologi dapat digunakan sebagai alat untuk melaksanakan program perawatan prediktif seperti :

### **1. *Sampling***

Peralatan Evaluasi Observing, merekam, dan tren peralatan operasi bersama dengan kondisi lingkungan, termasuk pembacaan suhu peralatan, yang diperlukan pada saat yang sama sebagai sampel pelumas diperoleh. Informasi ini digunakan dalam mengatasi masalah atau mendeteksi-akar penyebab anomali ditemukan.

### **2. *Testing***

Peralatan-spesifik pengujian ditugaskan selama tahap audit yang akan memasok data yang dibutuhkan untuk secara efektif melaporkan kesehatan pelumas dan peralatan. Pengujian ini harus dilakukan tanpa penundaan. Pemasangan alat-alat sensor pada bagian-bagian tertentu untuk dapat memantau kondisi peralatan sangat diperlukan. Pemantauan itu meliputi : vibrasi,

temperatur, tekanan, laju aliran, korosi dan lain sebagainya.

### 3. *Eexception Testing*

Sampel data yang melaporkan kondisi abnormal atau alarm atau yang telah melampaui target membutuhkan pengujian pengecualian. Ini akan membantu menentukan penyebab akar anomali. Teknisi analisis minyak harus mengotorisasi tes ini, yang tidak dianggap sebagai pengujian rutin.

### 4. *Data Entry*

Data yang dicatat harus dipasang ke dalam sistem yang memungkinkan untuk tren dan referensi di masa mendatang sebagai *record*, bersama dengan peluang laporan generasi.

### 5. *Baseline Signature Review*

Setelah semua tes yang dilakukan, data yang sistematis. Menggabungkan data *hard* berkumpul di audit sistem dengan pengalaman, maka akar penyebab kegagalan potensial dapat diketahui. Laporan kemudian harus dihasilkan mengandung semua hasil tes, bersama dengan daftar rekomendasi. Laporan ini harus mencakup frekuensi pengujian dan perbaikan yang diperlukan yang diperlukan untuk membawa kondisi sekarang dari pelumas dan / atau kondisi operasi untuk dalam target diterima.

## 2.3 Metrode Uji *Oil sampling*

*Oil Sampling* adalah salah satu program *condition monitoring* yang merupakan *maintenance management tool* untuk memprediksi potensi kerusakan secara dini dengan metode analisa pada sampel fluida (oil, lubricant, fuel) yang dilakukan di laboratorium.

Beberapa manfaat dari melakukan *program oil used analysis* adalah :



1. Membantu dalam meramalkan keausan yang menyebabkan kerusakan.
2. Menghindarkan dari kerusakan yang lebih besar.
3. Membantu deteksi awal maintenance yang diperlukan.
4. Mengurangi waktu perbaikan.
5. Memperbaiki dan memonitor maintenance planning.
6. Menghindarkan dari perbaikan yang tidak diperlukan.

## **2.4 Standarisasi Satuan pada Pengujian Oil Sampling**

### ***1. ASTM D974***

ASTM D974 adalah ukuran dari kandungan asam menggunakan perubahan warna untuk menunjukkan infleksi. Sampel dilarutkan ke dalam larutan toluena, p-naphtholbenzein, dan isopropil alkohol mengandung air. Solusinya dititrasi dengan KOH sedangkan warna dipantau. Tes ini digunakan pada minyak baru dan minyak yang sudah terpakai untuk memantau perubahan warnanya. Perubahan warna didasarkan dalam tiga hal: (1) gelas standar dispesifikasikan lebih mendasar; (2) perbedaan kromatis antara gelas standar yang berurutan seragam diseluruh skala; dan (3) standar warna yang lebih terang mendekati warna produk minyak.

Penentuan warna produk minyak bumi digunakan terutama untuk keperluan kontrol pabrik dan suatu ciri mutu yang penting karena warna paling mudah teramati oleh pemakai produk. Dalam beberapa kasus warna bertindak sebagai indikasi dari tingkat kemurnian bahan

Metode uji ini meliputi penetapan warna berbagai produk minyak bumi seperti minyak lumas, minyak pemanas, minyak diesel, dan lilin minyak bumi. Metode uji ini melaporkan hasil yang dinyatakan sebagai “Warna ASTM”.

Contoh cair diletakkan dalam tabung uji dan disinari dengan sumber cahaya, kemudian warnanya dibandingkan

dengan piringan gelas berwarna standar yang nilainya berkisar dari 0,5 sampai 8,0. Bila warna yang tepat tidak ditemukan, atau warna contoh berada diantara dua warna standar, maka dilaporkan sebagai warna yang lebih tinggi. Level Colour Scale ASTM dapat ditunjukkan pada tabel 2.1.

**Table 2.1** Level Colour Scale ASTM Standard

ASTM Color	Chromaticity Coordinates <sup>A</sup> (RGB USC system) <sup>B</sup>			Luminous Trans- mittance (CIE <sup>C</sup> Standard Source C)
	Red	Green	Blue	$T_W$
0.5	0.462	0.473	0.065	$0.86 \pm 0.06$
1.0	0.489	0.475	0.036	$0.77 \pm 0.06$
1.5	0.521	0.464	0.015	$0.67 \pm 0.06$
2.0	0.552	0.442	0.006	$0.55 \pm 0.06$
2.5	0.582	0.416	0.002	$0.44 \pm 0.04$
3.0	0.611	0.388	0.001	$0.31 \pm 0.04$
3.5	0.640	0.359	0.001	$0.22 \pm 0.04$
4.0	0.671	0.328	0.001	$0.152 \pm 0.022$
4.5	0.703	0.296	0.000	$0.109 \pm 0.016$
5.0	0.736	0.264	0.000	$0.081 \pm 0.012$
5.5	0.770	0.230	0.000	$0.058 \pm 0.010$
6.0	0.805	0.195	0.000	$0.040 \pm 0.008$
6.5	0.841	0.159	0.000	$0.026 \pm 0.006$
7.0	0.877	0.123	0.000	$0.016 \pm 0.004$
7.5	0.915	0.085	0.000	$0.0081 \pm 0.0016$
8.0	0.956	0.044	0.000	$0.0025 \pm 0.0006$

<sup>A</sup> Tolerances on the chromaticity coordinates are  $\pm 0.006$ .

<sup>B</sup> Judd, Deane B., "A Maxwell Triangle Yielding Uniform Chromaticity Scales," *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, Vol 14, 1935, p. 41. (RP 756); *Journal of the Optical Society of America*, Vol 25, 1935, p. 24.

Z

## 2.5 Fault Tree Analysis

*Fault Tree Analysis* adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*Top Event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *Top Event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*).

*Fault Tree Analysis* merupakan metoda yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. *Fault Tree Analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan



ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana.







Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi. Konstruksi dari *fault tree analysis* meliputi gerbang logika yaitu gerbang AND dan gerbang OR. Setiap kegagalan yang terjadi dapat digambarkan ke dalam suatu bentuk pohon analisa kegagalan dengan mentransfer atau memindahkan komponen kegagalan ke dalam bentuk simbol (*Logic Transfer Components*) dan *Fault Tree Analysis*.

**Tabel 2.2** Istilah dalam metode *Fault Tree Analysis*

Istilah	Keterangan
<i>Event</i>	Penyimpangan yang tidak diharapkan dari suatu keadaan normal pada suatu komponen dari sistem
<i>Top Event</i>	Kejadian yang dikehendaki pada "puncak" yang akan diteliti lebih lanjut ke arah kejadian dasar lainnya dengan menggunakan gerbang logika untuk menentukan penyebab kegagalan
<i>Logic Event</i>	Hubungan secara logika antara input dinyatakan dalam AND dan OR
<i>Transferred Event</i>	Segitiga yang digunakan simbol transfer. Simbol ini menunjukkan bahwa uraian lanjutan kejadian berada di halaman lain.
<i>Undeveloped Event</i>	Kejadian dasar ( <i>Basic Event</i> ) yang tidak akan dikembangkan lebih lanjut karena tidak tersedianya informasi.
<i>Basic Event</i>	Kejadian yang tidak diharapkan yang dianggap sebagai penyebab dasar sehingga tidak perlu dilakukan analisa lebih lanjut.

Simbol - simbol dalam *Fault Tree Analysis* yang digunakan dalam menguraikan suatu kejadian disajikan pada tabel berikut ini :

**Tabel 2.3** Simbol-simbol dalam *Fault Tree Analysis*

Simbol	Keterangan
	Top Event
	Logic Event OR
	Logic Event AND
	Transfered Event
	Undeveloped Event
	Basic Event

## 2.6 Lube Oil System

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pentabelan untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh *engineers* untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. FMEA merupakan teknik evaluasi tingkat keandalan dari sebuah sistem untuk menentukan efek dari kegagalan dari sistem tersebut. Kegagalan digolongkan berdasarkan dampak yang diberikan terhadap kesuksesan suatu misi dari sebuah sistem.

Secara umum, FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu :

- Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya,
- Efek dari kegagalan tersebut,
- Tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

Output dari *Process FMEA* adalah:



- Daftar mode kegagalan yang potensial pada proses.
- Daftar *critical characteristic* dan *significant characteristic*.
- Daftar tindakan yang direkomendasikan untuk menghilangkan penyebab munculnya mode kegagalan atau untuk mengurangi tingkat kejadiannya dan untuk meningkatkan deteksi terhadap produk cacat bila kapabilitas proses tidak dapat ditingkatkan.

Tujuan yang dapat dicapai dengan penerapan FMEA:

- Untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya
- Untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan
- Untuk mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses

## 2.7 Lube Oil System

Dua benda yang permukaannya saling kontak antara satu dengan lainnya akan menimbulkan gesekan. Gesekan adalah gaya yang cenderung menghambat atau melawan gerakan. Apabila gesekan dapat mengakibatkan kedua benda tersebut tidak dapat bergerak relatif satu terhadap lainnya maka jenis gesekannya dinamakan gesekan statik, contohnya gesekan yang terjadi antara mur dengan baut. Sedangkan apabila kedua benda masih dapat bergerak relatif satu terhadap lainnya dinamakan gesekan dinamis atau gesekan kinetik, seperti gesekan antara poros dengan bantalan. Gesekan dinamik akan menimbulkan keausan material.

Keausan material dapat dikurangi dengan cara mengurangi besarnya gaya akibat gesekan yaitu dengan menghindarkan terjadinya kontak langsung antara dua permukaan benda yang bergesekan. Salah satu cara untuk menghindarkan kontak langsung antara dua benda yang bergesekan adalah dengan “menyisipkan” minyak pelumas diantara kedua benda tersebut. Cara ini dinamakan “melumasi” atau memberi pelumasan.

Terdapat banyak sekali sistem pelumasan yang dipakai dalam berbagai bidang mesin. Berbagai jenis variasi sistem

pelumasan itu sendiri bisa dikatakan memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri karena disesuaikan dengan jenis mesin. Berikut adalah beberapa sistem pelumasan lain yang perlu kita ketahui:

Untuk jenis sistem pelumasan celup, kita akan cukup sering menemukan sistem pelumasan ini pada area *gearbox* atau dalam Bahasa disebut dengan kotak roda gigi. Sistem pelumasan ini memerlukan penutup tangki pelumas yang sangat baik untuk menghindari kebocoran. Sistem ini baik untuk diterapkan pada mesin dengan proses kerja berkecepatan rendah.

Jenis sistem pelumasan berikutnya adalah jenis sistem pelumasan sirkulasi. Sistem pelumasan ini sendiri dapat ditemui dalam komponen *gearbox* tertutup. Sistem *gearbox* tertutup sendiri memiliki komponen yang bergerak di dalam dan tertutup. Laju sirkulasi pelumas pada sistem ini dikendalikan oleh suatu indikator yang memiliki sejenis pompa oli dan suatu tangki khusus untuk memastikan pelumas ini dapat melumasi bagian dari *gearbox* yang bergerak.

Jenis sistem pelumasan yang lain adalah sistem pelumasan kabut, dimana dalam sistem ini, kita akan menemukan adanya aliran pelumas yang melumasi berbagai komponen yang ada dan bekerja di dalam mesin bisa didapatkan dengan adanya suatu proses dari udara kering yang keluar dari suatu compressor. Udara kering hasil kompresor ini dihirup pada pelumas yang ada sehingga terjadi pengabutan di area komponen yang bergerak di dalam. Kabut ini berisi pelumas yang nantinya akan melumasi komponen yang bergerak tersebut.

### **2.7.1 Fungsi Minyak Pelumas**

Di bawah ini akan dijelaskan beberapa fungsi dari minyak pelumas untuk komponen:

#### **1. Mengendalikan Gesekan**

Gesekan pada komponen-komponen yang bekerja pada sistem pelumasan akan menimbulkan panas, sehingga dapat memicu timbulnya keausan yang berlebihan. Seperti diketahui, pelumas dapat bekerja



dalam tiga daerah pelumasan, yaitu pelumasan batas, pelumasan selaput fluida, dan pelumasan hidrodinamika. Dimana viskositas merupakan sifat yang langsung memberi pengaruh pada gesekan. Semua bentuk panas yang timbul pada bantalan hasil gesekan harus dihilangkan pada saat sistem itu telah mencapai suhu operasi yang stabil.

## 2. Mengendalikan Suhu

Dalam mengendalikan suhu, sistem temperatur pelumas secara langsung menyesuaikan dan bereaksi pada suhu komponen yang memanaskan akibat bekerja satu sama lain. Ketika terjadi hubungan antara logam dengan logam, banyak panas yang diserap, sehingga pelumas berperan sangat penting membantu proses penyerapan panas dengan cara mentransfer permukaan yang mempunyai suhu tinggi dan memindahkannya ke media lain yang suhunya lebih rendah. Tugas ini memerlukan sirkulasi pelumas dalam jumlah banyak dan konstan.

## 3. Mengendalikan Korosi

Tingkat perlindungan korosi yang diberikan tergantung pada lingkungan di tempat permukaan logam yang dilumasi itu bekerja. Jika mesin itu bekerja di dalam ruangan dengan kondisi kelembaban yang rendah dan tidak ada kontaminasi dari bahan yang korosif, kemungkinan tidak terjadi korosi. Adanya kontaminasi yang korosif pada operasi mesin, membuat upaya mengendalikan korosi menjadi lebih sulit. Sehubungan dengan itu, pelumas yang digunakan dalam mesin harus memberi kemampuan perlindungan korosi dalam tingkat yang sangat tinggi. Yang perlu dipertimbangkan dalam mengatasi korosi pada mesin yang bekerja pada lingkungan yang korosif di udara terbuka adalah pengaruh kontaminasi terhadap sifat pelumas itu sendiri. Kemampuan pelumas untuk mengendalikan korosi adalah langsung berhubungan dengan ketebalan selaput pelumas yang tetap ada pada permukaan logam dan

komposisi kimia pelumas. Bahan yang biasanya digunakan untuk aditif penghindar korosi adalah surfaktan.

#### 4. Mengendalikan Keausan

Keausan yang terjadi pada sistem pelumasan disebabkan oleh 3 (tiga) hal, yaitu abrasi, korosi, dan kontak antara logam dengan logam. Keausan abrasi biasanya disebabkan oleh partikel padat yang masuk ke lokasi pelumas itu berada. Bentuk keausan abrasi adalah torehan (scoring) dan garukan (starching). Keausan yang diakibatkan karena korosi umumnya disebabkan oleh produk oksidasi pelumas. Pemrosesan yang lebih sempurna dengan menambahkan aditif penghindar oksidasi dapat mengurangi terjadinya kerusakan pelumas. Keausan juga disebabkan oleh terjadinya kontak antara logam dan logam yang merupakan hasil rusaknya selaput pelumas. Singkatnya, sesuatu yang menyebabkan permukaan logam yang dilumasi saling mendekat sehingga terjadi kontak antara satu permukaan dengan permukaan lainnya menyebabkan timbulnya keausan.

#### 5. Mengisolasi Listrik

Pada beberapa penggunaan khusus, pelumas dituntut untuk bersifat sebagai isolator listrik. Untuk tetap mendapatkan nilai isolasi maksimal, pelumas harus dijaga tetap bersih dan bebas air. Pelumas harus tidak mengandung aditif yang menimbulkan proses elektrolisis jika terkena sejumlah air.

#### 6. Meredam Kejutan

Fungsi dari pelumas sebagai fluida peredam kejutan dilakukan dengan 2 (dua) cara. Pertama, yang sangat dikenal adalah memindahkan tenaga mekanik ke tenaga fluida seperti dalam peredam kejut otomotif (shock absorber). Dalam hal ini, vibrasi atau osilasi tubuh kendaraan menyebabkan piston yang berada di



dalam silinder fluida yang tertutup bergerak naik turun. Fluida bergerak mengalir dari sisi piston ke sisi yang melewati suatu celah dengan menghilangkan tenaga mekanik melalui gesekan fluida. Untuk itu, biasanya digunakan pelumas dengan indeks viskositas yang tinggi. Mekanisme kedua yang berperan dalam meredam kejutan fungsi pelumas adalah perubahan viskositas terhadap tekanan.

#### 7. Pembersih Kotoran

Pelumas disebut sebagai pembersih atau pembilas kotoran yang masuk di dalam sistem karena adanya partikel padat yang terperangkap diantara permukaan logam yang dilumasi. Hal ini benar-benar terjadi pada jenis mesin internal-combution, dimana aditif detergen-dispersan digunakan untuk melumatkan lumpur dan membawanya dari karter ke saringan yang dirancang untuk menepis partikel padat yang dapat menimbulkan keausan.

#### 8. Memindahkan Tenaga

Salah satu peningkatan fungsi pelumas modern adalah media hidrolis. Peralatan otomatis pada kendaraan merupakan salah satu contoh meningkatnya kompleksitas persyaratan pelayanan pelumas. Pelumas ini menunjukan penggunaan terbesar fluida pemindah tenaga (power-transmission fluids), menjadi suatu kebutuhan yang utama untuk menggunakan pelumas yang baik, dan sifat-sifat hidrolis merupakan hal yang juga harus dipertimbangkan.

#### 9. Membentuk Sekat

Minyak Pelumas sendiri bersifat sebagai sekat, yaitu pelumas yang tinggi viskositasnya akan berfungsi sebagai sekat dari celah yang lebih lebar. Oleh karena itu, dianjurkan untuk mesin yang sudah tua menggunakan pelumas mesin yang memiliki viskositas lebih tinggi dari normalnya. Hal ini disebabkan jarak

bebas atau clearance mesin tua lebih lebar dari mesin yang baru.

### **2.7.2 Jenis – Jenis Minyak Pelumas**

Menurut bahan dasar pembuatnya, minyak pelumas digolongkan menjadi dua jenis, yaitu:

- *Mineral oil*

*Mineral Oil* merupakan minyak pelumas dengan basis base oil tanpa adanya zat aditif tambahan, sehingga sifat-sifat nya masih kurang efektif untuk pelumasan.

- *Synthetic oil*

*Synthetic oil* adalah pelumas dengan bahan dasar base oil dan tambahan zat-zat aditif untuk memperbaiki sifat-sifat dari minyak pelumas tersebut. Zat aditif ini bermacam-macam jenisnya, misal untuk meningkatkan viskositas minyak pelumas, menambah kandungan deterjen, meningkatkan harga TBN dan sebagainya. Karena itu jika diinginkan menambah zat aditif pada minyak pelumas maka harus diperhatikan dulu karakteristik minyak pelumas tersebut, misal kekentalan minyak kurang, maka dapat ditambahkan aditif untuk kekentalan, tapi yang perlu diperhatikan penambahan aditif ini tidak dapat memperbaiki kualitas minyak pelumas seperti pada kondisi baru.

### **2.7.3 Syarat minyak pelumas**

Sedangkan minyak pelumas mesin ini juga diberikan beberapa persyaratan, sebagai berikut :

- a. Derajat kekentalan minyak mesin harus sesuai dengan jenis operasi mesin yang bersangkutan.
- b. Memiliki daya lekat yang baik.
- c. Tidak mudah bercampur dengan cairan lainnya.
- d. Mempunyai titik nyala yang tinggi dan penguapannya susah.



- e. Mudah memindahkan panas dan memiliki titik beku rendah.

#### 2.7.4 Karakteristik Minyak Pelumas

Pelumasan mana yang cocok digunakan, perlu diketahui karakteristik minyak pelumas tersebut yang merupakan gambaran dari sifat-sifat minyak pelumas. Diantara sifat-sifat minyak pelumas yang penting diketahui adalah:

##### 1. *Viscosity*

Semua jenis oli tersebut memiliki sifat kekentalan, yang diukur berdasar atas angka kekentalan kinematisnya, kekentalan kinematis pelumas diuji menggunakan metode uji dengan standar viskositas kinematis dinyatakan dalam *centi stoke* (cST).

Berdasarkan pada nilai viskositas kinematis tersebut dikelompokkan pada grade-grade tertentu dalam viskositas grade. Viskositas grade adalah angka yang menunjukkan tingkat kekentalan pelumas terhadap beberapa standard kekentalan oil yang dikeluarkan beberapa badan sebagai pedoman standar kekentalan pelumas.

##### 2. Indeks Viskositas (*viscosity Index*)

Merupakan ukuran dari laju perubahan kekentalan minyak perlumas terhadap perubahan temperatur. Indeks viskositas dinyatakan dengan angka 0 sampai 100 angka yang lebih kecil berarti minyak pelumas tersebut akan lebih cepat perubahan viskositasnya apabila temperaturnya berubah.

##### 3. Titik Tuang (*Pour point*)

Adakah temperatur tertinggi dimana minyak pelumas mulai membeku apabila temperaturnya diturunkan. Minyak pelumas yang digunakan pada temperatur rendah harus memiliki titik tuang yang rendah.

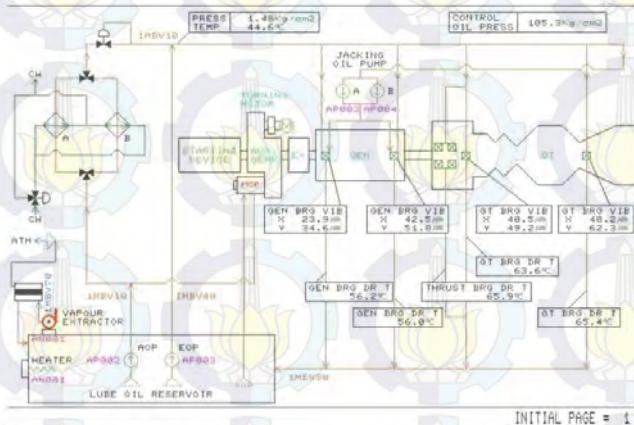
##### 4. Titik Nyala (*Flash Point*)

Adalah temperatur terendah dimana uap minyak pelumas akan terbakar apabila diberi sumber panas. Pembakaran akan berhenti apabila sumber panasnya dihilangkan. Minyak pelumas harus memiliki titik tuang yang rendah.

## 5. Titik Bakar (*Flash Point*)

Adalah temperatur terendah dimana uap minyak pelumas akan terbakar dengan sendirinya dan terus terbakar walaupun tidak diberi sumber panas dari luar.

### 2.7.5 Siklus Pelumasan



**Gambar 2.2 siklus Alur Pelumasan Turbin Gas (PT PJB UP GRESIK)**

Gambar 2.2 menunjukkan siklus atau alur minyak pelumas dimulai dari *lube oil reservoir*, ketika turbin gas dalam keadaan shutdown maka yang akan menyuplai minyak pelumas adalah *Auxiliary Oil Pump* (AOP) dengan tekanan 7.5 kg/cm<sup>2</sup>, setelah itu minyak pelumas akan disaring di *strainer* sebelum masuk ke lube oil cooler untuk proses pendinginan. Kemudian minyak pelumas akan melewati regulator, regulator ini fungsinya untuk menurunkan tekanan dari 7.5 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 1.5 kg/cm<sup>2</sup>, setelah turun menjadi 1.5 kg/cm<sup>2</sup> minyak pelumas akan dipakai untuk melumasi pada bearing 1, 2, 3, 4, dan thrust bearing. *Jacking oil pump* juga beroperasi tujuannya yaitu untuk mengangkat poros generator posisinya pada bearing 3 dan 4. Setelah minyak pelumas dipakai untuk melumasi bearing maka akan kembali ke lube oil reservoir, jika sistem pelumasan sudah berjalan dengan normal maka



turbin gas akan diputar 3 Rpm atau turning gear. Ketika turbin gas start up putaran sudah 1000 Rpm maka jacking akan berhenti dan ketika putaran normal maka *Main Oil Pump* (MOP) yang akan menyuplai minyak pelumas lalu *Auxiliary Oil Pump* (AOP) berhenti, tetapi ketika ada masalah pada *Main Oil Pump* (MOP) sampai tekanan turun menjadi 0.9 kg/cm<sup>2</sup> maka *Auxiliary Oil Pump* (AOP) akan kembali beroperasi kemudian jika tekanan masih turun hingga 0.7 kg/cm<sup>2</sup> *Emergency Oil Pump* (EOP) yang akan beroperasi tetapi jika tekanan masih turun hingga 0.5 kg/cm<sup>2</sup> maka turbin gas akan *trip* (mati dengan sendirinya).

## **2.7.6 Komponen-komponen Sistem Pelumasan**

### **1. Lube Oil Reservoir**

Adalah tangki minyak pelumas yang mempunyai volume 20.7 m<sup>3</sup> dengan high level 16.5 kl, normal level 14.7 kl, dan low level 11.5 kl.

Reservoir ini harus cukup besar agar minyak pelumas dapat diam / berhenti sesaat di dalam tangki untuk mengendapkan kotoran-kotoran dan membuang gasnya. Temperatur minyak pelumas selalu dimonitor dan dijaga agar tetap pada batas-batas yang ditetapkan agar proses pelumasan dapat berjalan dengan baik.

Temperatur minyak pelumasan di dalam reservoir juga tidak boleh terlalu rendah karena akan menghambat pemompaan. Bila suhunya terlalu rendah maka secara otomatis alat pemanas yang dipasang di dalam tangki akan bekerja. Lube Oil Reservoir ditunjukkan seperti pada gambar 2.2



**Gambar 2.2 Lube Oil Reservoir**  
(PT PJB UP GRESIK)

## **2. Main Lube Oil Pump**

*Main Lube Oil Pump* (Pompa Minyak Pelumas Utama), berfungsi sebagai pompa minyak pelumas utama dan diputar langsung oleh poros turbin gas, pompa ini merupakan tipe pompa *positive displacement* dengan jenis *rotary lobe pump*. Pompa ini harus mampu mensuplay kebutuhan minyak pelumas dalam keadaan operasi normal. Kapasitas *Primary Lube Oil Pump* sebesar 3100 liter per menit dengan tekanan  $7.5 \text{ kg/cm}^3$ . *Main Lube Oil Pump* ditunjukkan seperti pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3 Main Lube Oil Pump**  
(PT PJB UP GRESIK)

## **3. Auxilliary Lube Oil Pump (ALOP)**



Untuk turbin gas yang *Main Oil Lube Pump*-nya diputar langsung oleh poros turbin gas, maka *Auxilliary Oil Pump* akan bekerja ketika putaran turbin masih rendah (*start-up* dan *shut-down*) dimana tekanan minyak pelumas dari *Primary Lube Oil Pump* belum mencukupi. Bila putaran turbin cukup tinggi, maka secara otomatis *Auxilliary Lube Oil Pump* akan stop minyak pelumas turun oleh karena suatu sebab. *Auxilliary Lube Oil Pump* ditunjukkan seperti pada gambar 2.4



**Gambar 2.4 *Auxilliary Lube Oil Pump***  
(PT PJB UP GRESIK)

#### **4. *Emergency Lube Oil Pump***

Pemasangan pompa ini sama seperti pemasangan *Auxilliary Lube Oil Pump*. *Emergency Lube Oil Pump* diputar oleh motor listrik DC dan bekerja bila tegangan listrik AC hilang dan atau tekanan minyak pelumas turun mencapai batas yang ditentukan.

Baik kapasitas maupun tekanan minyak pelumas dari *Emergency Lube Oil Pump* lebih rendah dibanding dari *Main Lube Oil Pump*, maka hasil pemompaannya akan langsung dialirkan ke dalam bantalan-bantalan tanpa melalui *Lube Oil Cooler*. *Emergency Lube Oil Pump* pada umumnya hanya digunakan apabila turbin tidak dibebani serta putarannya sangat rendah (diputar *turning gear/Ratchet*). *Emergency Oil Pump* (EOP) ditunjukkan pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5 Emergency Oil Pump**  
(PT PJB UP GRESIK)

#### **5. *Lube Oil Cooler***

Atau pendinginan minyak pelumas, biasanya terdiri dari dua unit, salah satunya beroperasi dan yang lainnya *stand-by*, dan menggunakan media pendingin air. *Lube Oil Cooler* berfungsi mendinginkan minyak pelumas yang sudah ditampung di dalam reservoir dan akan dialirkan kembali ke bantalan-bantalan.

Untuk *Lube Oil Cooler* yang menggunakan media pendingin udara, setiap unit cooler memiliki dua buah kipas (*fan*) dengan kapasitas 2 x 50%, sehingga lebih hemat dalam pemakaian listrik pada saat suhu minyak pelumas tidak terlalu tinggi. *Lube Oil Cooler* ditunjukkan pada gambar 2.6.



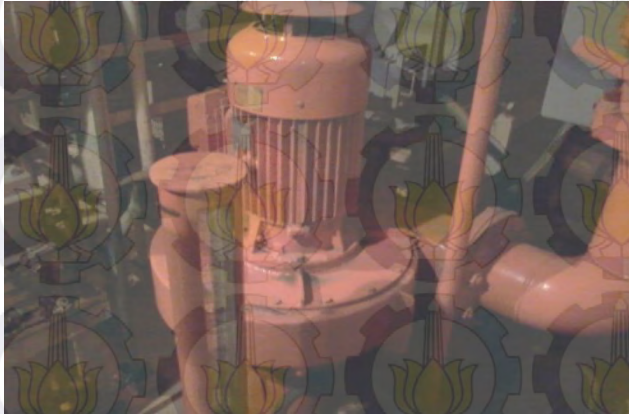


**Gambar 2.6 Lube Oil Cooler**  
(PT PJB UP GRESIK)

#### **6. Vapor Extractor**

Adalah jenis *exhaust* dan yang berfungsi untuk mengeluarkan gas-gas yang ada di dalam *lube oil reservoir*, dan membuatnya vakum yaitu sekitar -200 mmHg.

Kondisi vakum ini akan berguna untuk membantu mencegah kebocoran minyak pelumas dari celah labirin pada ujung bantalan, dan mempercepat kembalinya minyak pelumas ke *lube oil reservoir* setelah pemakaian pelumasan juga mempercepat penguapan gas-gas yang terkandung di dalam minyak pelumas. *Vapor extractor* ditunjukkan pada gambar 2.7.



**Gambar 2.7 Vapor Extractor**  
(PT PJB UP GRESIK)

#### **7. *Lube Oil Filter***

*Lube Oil Filter* berfungsi menyaring minyak pelumas dari kotoran dan benda-benda asing yang terkandung di dalamnya. *Lube Oil Filter* ditunjukkan pada gambar 2.8.



**Gambar 2.8 Lube Oil Filter**  
(PT PJB UP GRESIK)



### **8. *Jacking Oil Pump***

Jacking Oil Pump merupakan pompa pelumas yang berfungsi mengangkat rotor generator turbin gas dengan tekanan  $150 \text{ Kg/cm}^2$  pada saat turbin gas dalam kondisi *shutdown/standby*. *Jacking Oil Pump* (JOP) ditunjukkan pada gambar 2.9.



**gambar 2.9 *Jacking Oil Pump***  
(PT PJB UP GRESIK)

### **9. *Lube Oil Heater***

Lube Oil Heater adalah suatu komponen penting yang berfungsi untuk menjaga suhu minyak pelumas supaya tidak terlalu dingin yaitu sekitar  $45^\circ\text{C}$ . Tingkat kekentalan suatu minyak pelumas semakin tinggi jika suhu minyak pelumas tersebut dingin, maka akan berdampak terhadap terhambatnya pemompaan dan aliran minyak pelumas tersebut.

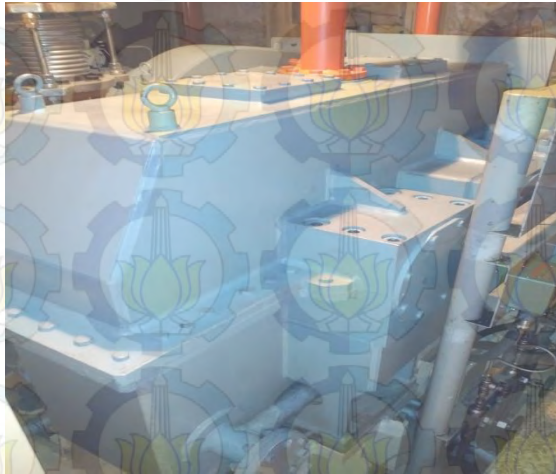
### **10. *Gearbox***

*Gearbox* atau transmisi adalah salah satu komponen utama motor yang disebut sebagai sistem pemindah tenaga, transmisi berfungsi untuk memindahkan dan mengubah tenaga dari motor yang berputar, yang

digunakan untuk memutar spindel mesin maupun melakukan gerakan feeding. Transmisi juga berfungsi untuk mengatur kecepatan gerak dan torsi serta berbalik putaran, sehingga dapat bergerak maju dan mundur.

Transmisi manual atau lebih dikenal dengan sebutan gearbox, mempunyai beberapa fungsi antara lain :

1. *Input shaft cover* Berfungsi sebagai penerus putaran dari motor penggerak.
2. *Oil seal* Berfungsi sebagai penahan oli supaya tidak bocor dari poros.
3. *Oil hole cover* Berfungsi sebagai saluran pemasukan oli.
4. *Gears* sebagai penggerak antar *shaft*.
5. Paking Berfungsi sebagai penahan oli supaya tidak bocor.
6. *Out cover* Berfungsi sebagai penutup lubang output shaft.
7. *Frame* Berfungsi sebagai rumah dari *gearbox*.



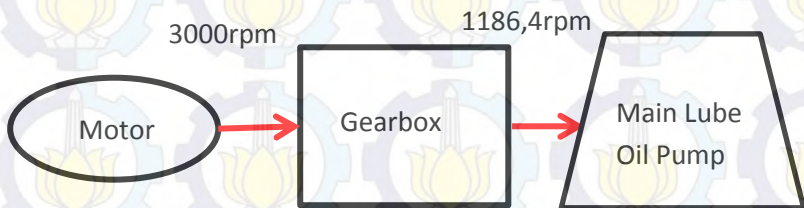
**Gambar 2.10 Gearbox  
(PT PJB UP GRESIK)**



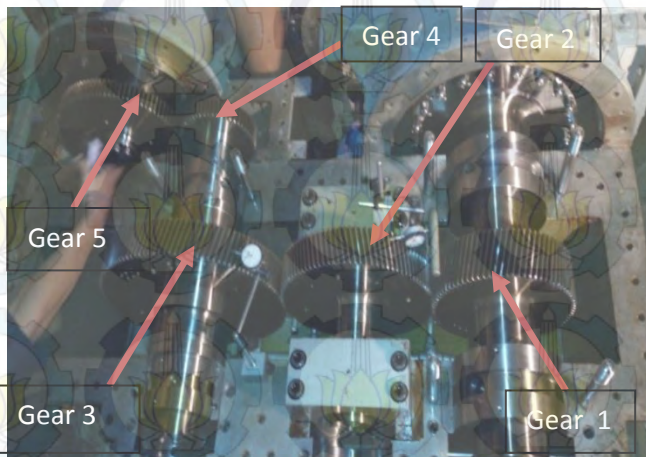
## 2.8 Gearbox Main Lube Oil Pump

*Gearbox* adalah suatu alat yang berfungsi untuk menggerakkan MLOP (*Main Lube Oil Pump*) dalam satu poros (*shaft*) dengan turbin dan generator. *Gearbox* tersebut mempunyai dua nozzle bagian atas dan bawah, cara pelumasan *Gearbox* ini menggunakan cara kerja spray atau menyemprotkan dari setiap gap gear 1,2,3,4, dan 5.

Pada *Gearbox* semua unit PT PJB UP Gresik terdapat 2 macam gear yaitu *helical gear* (gear 1,2,3) dan *spurs gear* (gear 4,5) dimana keduanya mempunyai peran dan fungsinya masing-masing. Skema *gearbox* dapat ditunjukkan pada 2.11



Gambar 2.11 Skema Transmisi Daya



Gambar 2.12 Gears Gearbox (1,2,3,4,5)  
(PT PJB UP GRESIK)

### **Keterangan fungsi gear :**

1. Gear 1  
Satu poros dengan rotor turbin generator dengan kecepatan 3000rpm fungsinya untuk mentransmisi g1, g2, g3, g4, dan g5.
2. Gear 2  
Befungsi menurunkan kecepatan menjadi 2567 rpm ke gear 3.
3. Gear 3  
Befungsi menurunkan kecepatan menjadi 2092,4 rpm ke gear 4.
4. Gear 4  
Befungsi menurunkan kecepatan menjadi 1186,4 rpm ke gear 5.
5. Gear 5  
Kecepatan dari gear 4 ke 5 akan diubah menjadi 1186,4 rpm.

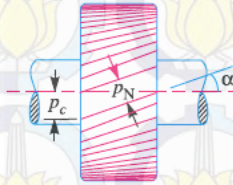
### **2.6.1 Helical Gears**

Roda gigi helix mempunyai gigi berbentuk helix mengelilingi gear. Roda gigi helix digunakan untuk menghubungkan dua poros parallel (sejajar) seperti roda gigi lurus. Gigi *helical gears* yang sejajar dengan sumbu mempunyai garis kontak seperti pada *spur gear*. Karena itu roda gigi helix memberikan gerakan yang halus dengan efisiensi transmisi yang tinggi. Helical gear biasanya dipakai untuk mentransmisikan putaran 3600 rpm ke atas.

Istilah berikut berhubungan dengan roda gigi helix ditunjukkan berikut ini:

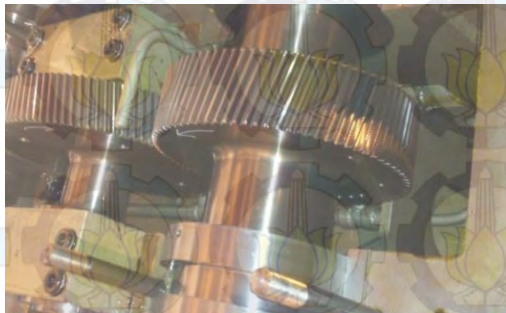
1. Sudut helix (*helical angle*). Sebuah sudut yang dibuat konstan berbentuk helix dengan sumbu berputar.





2. Kisar aksial (*axial pitch*). Adalah jarak sejajar terhadap sumbu antara permukaan yang serupa dengan gigi yang berdekatan. Circular pitch dinotasikan dengan  $p_c$ . Axial pitch juga didefinisikan sebagai circular pitch pada bidang putar atau bidang diametral.
3. Kisar normal (*normal pitch*). Adalah dengan dinotasikan simbol  $p_N$ . Normal pitch dapat juga didefinisikan sebagai *circular pitch* pada bidang normal yang tegak lurus terhadap gigi. Secara matematika, *normal pitch*:

$$p_N = p_c \cos \alpha$$



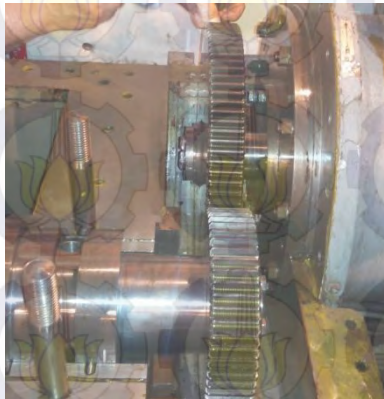
**Gambar 2.13 Helical Gears**  
(PT PJB UP GRESIK)

### 2.6.2 Spurs Gears

Dua sumbu poros yang dihubungkan sejajar oleh roda gigi. Roda gigi ini mempunyai gigi yang sejajar dengan sumbu, yang mana gigi-giginya dimiringkan terhadap poros. Single dan double helical gears menghubungkan dua poros.

Istilah berikut biasa digunakan pada bab ini, sehingga dapat dengan mudah dipahami.

1. Lingkaran kisar (*pitch circle*). Ini adalah sebuah lingkaran imajiner (khayal) oleh aksi pengerolan murni, akan memberikan gerak yang sebagai roda gigi actual.
2. Diameter *pitch circle*. Ukuran roda gigi bias any dikhususkan oleh diameter *pitch circle*. Ini dinamakan juga diameter *pitch*.
3. Permukaan *pitch*. Adalah permukaan yang ditempatkan pada *pitch circle*.
4. *Addendum*. Adalah jarak radial sebuah gigi dari *pitch circle* ke bagian atas gigi.
5. *Dedendum*. Adalah jarak radial sebuah gigi dari *pitch circle* ke bagian bawah gigi.

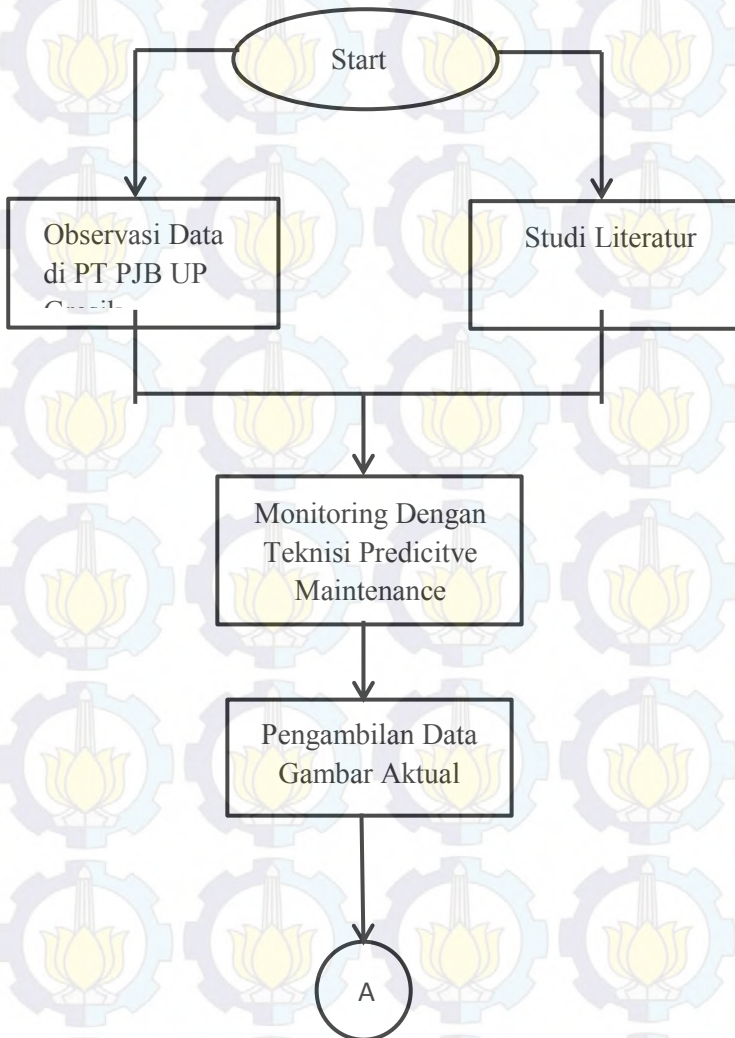


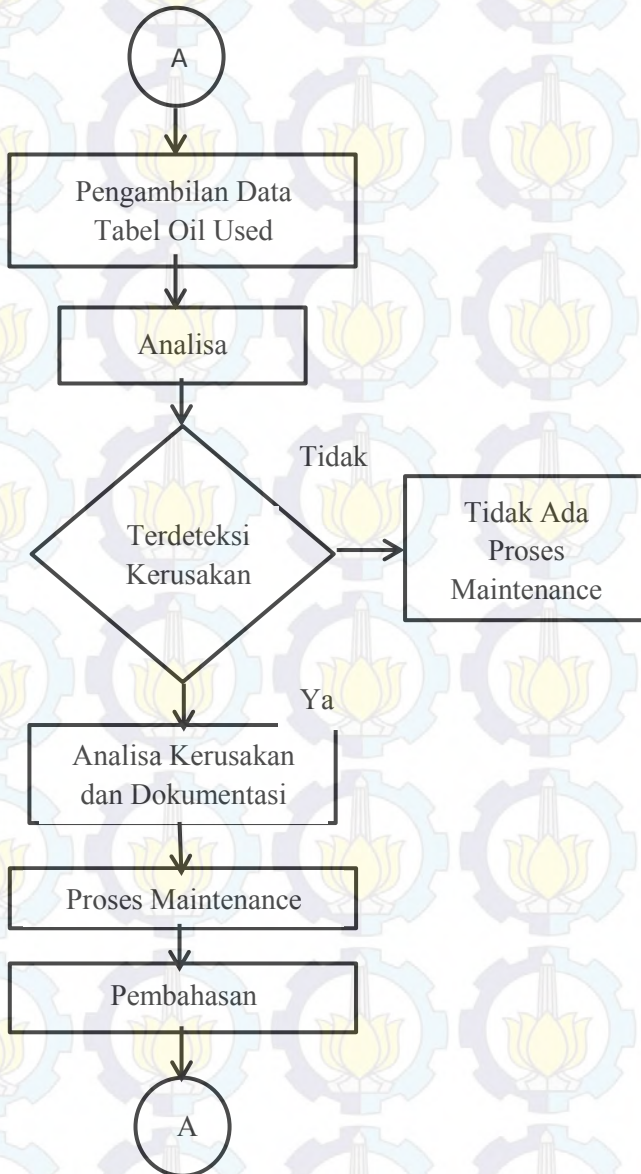
**Gambar 2.14 *Spurs Gears***  
(PT PJB UP GRESIK)



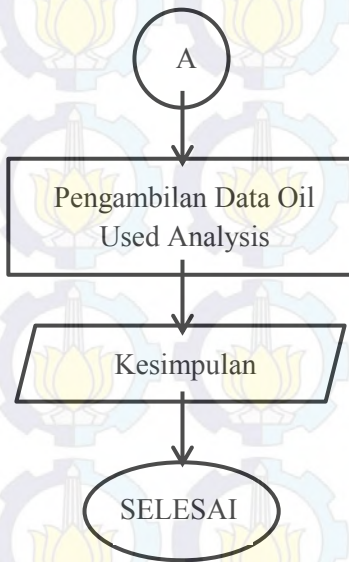
## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metodologi Pengujian









### 3.2 Spesifikasi Gearbox

Spesifikasi teknik pada gearbox dapat ditunjukkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Spesifikasi *gearbox main lube oil pump*

	G1	G2	G3	G4	G5
	STANDARD HELICAL GEAR 標準はすば歯車			STANDARD SPUR GEAR 標準平歯車	
NUMBER OF TEETH 歯数	83	97	119	55	97
STANDARD PITCH CIRCLE DIA. 基準ピッチ円直径	359.67	420.33	515.67	232.83	410.63
CUTTER DIAMETRAL PITCH 工具歯径ピッチ	6	6	6	6	6
CUTTER PRESSURE ANGLE 工具圧力角	20°	20°	20°	20°	20°
SPEED (rpm) 回転数	3000	2567	2092.4	2092.4	1186.4
BACKLASH バックラッシュ	0.22~0.68		0.24~0.74		0.22~0.68

### 3.3 Metode Uji Oil Sampling

*Oil Sampling* adalah salah satu program *condition monitoring* yang merupakan *maintenance management tool* untuk memprediksi potensi kerusakan secara dini dengan metode analisa pada sampel fluida (oil, lubricant, fuel) yang dilakukan di laboratorium.

Berikut adalah penjelasan lebih lanjut mengenai *Oil Used Analysis* yang di Trakindo disebutnya sebagai program SOS. Beberapa manfaat dari melakukan program SOS adalah :

1. Membantu dalam meramalkan keausan yang menyebabkan kerusakan.
2. Menghindarkan dari kerusakan yang lebih besar.
3. Membantu deteksi awal *maintenance* yang diperlukan.
4. Mengurangi waktu perbaikan.
5. Memperbaiki dan memonitor *maintenance planning*.



6. Menghindarkan dari perbaikan yang tidak diperlukan.

Element dari oil yang akan dianalisa terdiri dari tiga kategori, yaitu :

1. *Metal Wear Analysis*, merupakan pengukuran terhadap keausan partikel metal <10 mikron, dari bahan komponen yang ada pada sistem dalam satuan ppm (*parts per million*). Contoh : *Iron Fe, Cooper (Cu), Alumunium (Al), Lead (Pb), Chrome (Cr), Tin (Sn) Silver (Ag), Zinc (Zn)*.
2. *Oil Condition Analysis*, menunjukkan kondisi oil dengan mengukur kandungan terlarut dari *soot, sulfur, oxidation nitraton, antifreeze, fuel, water*. Ditunjukkan dengan persentase yang diijinkan yang dibandingkan dengan kondisi oil baru sebagai referensi.
3. *Chemical & Physical Analysis*, terdiri dari pengukuran *water, fuel, glycol contamination, particle count, filtergram, TBN (Total Base Number), Viscosity, particle quatifier..*

### 3.3.1 Peralatan Uji Oil Sampling

Pada metode uji Oil sampling ini digunakan beberapa alat pendukung untuk menguji minyak pelumas, antara lain:

1. **Viscometer**

Digunakan untuk mengukur kekentalan minyak pelumas. Mengukur dan mengetahui nilai kekentalan minyak pelumas sangatlah penting dalam memastikan kondisi sistem pelumasan. Nilai kekentalan merupakan parameter yang sangat penting dari pelumas. Minyak pelumas dengan nilai kekentalan yang tepat dapat menghasilkan lapisan film pelumas yang kuat pada bantalan, meminimalkan resiko gesekan dan kebocoran.



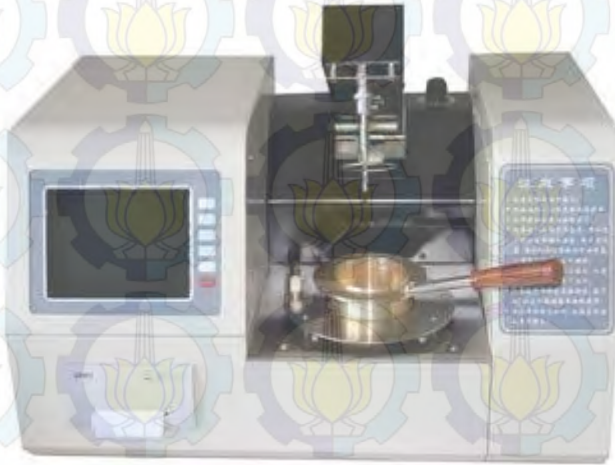
**Gambar 3.1 Viscometer**  
(machinerylubrication.com)

## **2. Electronic Flash Point Tester**

Digunakan untuk mengukur titik nyala dari berbagai macam bahan bakar, pelumas, dan bahan kimia.

Pelumas bekas pakai (oil used) juga memerlukan pengujian titik nyala untuk memastikan tingkat kontaminasi dari partikel lain atau bahan kimia lain. Flashpoint Tester ini harus sesuai setandar ASTM untuk memastikan kualitas dan keakuratan hasil uji.





**Gambar 3.2 Flash Point Tester**  
(machinerylubrication.com)

### 3. Hydrometer

Digunakan untuk mengukur *density* (berat jenis) dari minyak pelumas. Alat ini sangat penting digunakan yaitu memonitor perubahan nilai kekentalan pelumas sebagai langkah pencegahan gangguan dan kerusakan mesin industri.



**Gambar 3.3 Hydrometer**

(machinerylubrication.com)

#### 4. Contamikit

Digunakan untuk mengukur kotoran yang tercampur pada minyak pelumas. Karena semakin banyak kotoran dan partikel di minyak pelumas maka akan semakin berbahaya bagi mesin yang sedang *running* yaitu bisa berupa terjadinya keausan, vibrasi, overclearance dll.



**Gambar 3.4 contamikit**  
(machinerylubrication.com)

#### 5. Colorimeter

Digunakan untuk mengukur perubahan warna yang terjadi pada minyak pelumas. Karena ketika minyak pelumas sudah bekerja pada mesin pasti akan berubah warna karena menahan gesekan-gesekan pada mesin. Maka digunakan colorikit untuk mengukur perubahan warna minyak pelumas. Alat ini menggunakan satuan skt ASTM.





**Gambar 3.5 Colorimeter**  
(machinerylubrication.com)

**6. Microscope**

Digunakan untuk melihat besarnya partikel dan kotoran yang terdapat pada minyak pelumas yang tercampur di dalam *gearbox main oil pump*.



**Gambar 3.4 Microscope**  
(machinerylubrication.com)

### 3.3.2 Metode Oil Sampling

#### 3.3.2.1 Metode pengambilan Oil Sampling

Berikut ini adalah instruksi kerja pengambilan sampel minyak untuk uji laboratorium:

1. Persiapan :

1. Siapkan botol kaca / botol plyethylene, dan pastikan botol kering bebas dari air.
2. Pastikan lokasi minyak yang akan diambil sampelnya.
3. Gunakan APD secara lengkap

2. Pelaksanaan :

1. Buka valve sampling (Gunakan kunci F bila diperlukan).
2. Isi botol dengan minyak sampel sampai penuh, lalu buang, lakukan sebanyak 2x.
3. Isi botol sampel sampai penuh hingga tidak ada udara yang terjebak dalam botol.
4. Segera tutup botol contoh agar tidak terkena kontaminan dari luar.
5. Ambil sampel minyak ke dalam botol kaca sampai penuh dan melebar.
6. Tutup kembali valve.
7. Tutup segera botol gelas.


3. Tindakan akhir :

1. Beri label pada sampel minyak.
2. Simpan sampel minyak dan lindungi dari panas maupun sinar matahari secara langsung.
3. Segera bawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian dan analisa.

Kesimpulan :

1. Tata cara pengambilan sampel minyak untuk uji *oil used analysis* dan pengujian karakteristik minyak sangat mempengaruhi hasil pengujian dan diagnosa minyak pelumas.



- 
2. standarisasi pengambilan sampel uji didapatkan dari instruksi kerja pengambilan sampel minyak pelumas *oil analysis* dan pengujian karakteristik perlu dilakukan guna mendapatkan hasil pengujian yang akurat di seluruh region PLN P3B Jawa Bali.
  3. Untuk memastikan kesesuaian pelaksanaan di lapangan dengan instruksi kerja yang ada, maka perlu dilakukan audit ke lapangan secara rutin.



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB IV PEMBAHASAN**


Pada bab ini akan dijelaskan mengenai data-data hasil kerusakan pada *Gearbox Main Oil Pump* PT. PJB UP Gresik dan penanganan perawatannya. PT. PJB UP Gresik memiliki 3 unit PLTG dengan 1 unit PLTU yang memanfaatkan gas buang dari 3 unit PLTG tersebut, maka terdapat 3 unit Gas Turbin yang di dalamnya terdapat *Main Lube Oil Pump*. Unit 1, 2 dan 3 Gas Turbin menyuplai kebutuhan air pada PLTGU dengan kapasitas 1000 TON/Hari/Unit.

Dalam proses siklus kerja *Gearbox Main Oil Pump*, perlu adanya maintenance untuk mengurangi hal-hal yang tidak diinginkan dan performance *main lube oil pump* tetap terjaga stabil. Pada bab empat ini akan dijelaskan secara terperinci lagi tentang masalah yang terjadi pada *gearbox*, penyebab kerusakan pada gearbox, dan cara mengidentifikasi masalah yang terjadi pada gearbox, serta solusi permasalahan *gearbox*.

### **4.1 Hasil oil used analysis**

Pengambilan data oil used analysis digunakan untuk memonitoring kondisi suatu pelumasan mesin atau peralatan guna mengetahui apakah keadaan mesin itu masih layak untuk digunakan atau *part* itu harus diperbaiki ataupun diganti. Berikut adalah hasil *predictive maintenance* dengan mengambil data *oil used analysis* dari *gearbox Main Oil Pump* PLTGU unit 1.3 di PT. PJB UP GRESIK. Data hasil test uji karakteristik dapat ditunjukkan pada tabel 4.1.

## Tabel 4.1 Data Hasil Oil Used Analysis



PT PEMBANGKIT JAWA BALI UNIT PEMBANGKIT GRESIK

PIB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM

FORMULIR

FORM LAPORAN PEMERIKSAAN MINYAK PELUMAS

No Dokumen

Tgl Terbit

No Revisi

Halaman

PM-G-G-03-022

01 Agustus 2013

00

1 dari 1

DATA SAMPLE :

1

Pengirim

: Sampling Lab

2

Jenis Minyak

: Gearbox Lube Oil

3

Type

: Shell Turbo T-32

4

produk Dari

: Shell

5

Lokasi Sampling

: GT 1.3

6

Tgl Terima Sample

: 19 Okt 2015

7

Tgl Uji Sample

: 21 Okt 2015

8

No SP / Tgl SP

: -

9

Tempat Pengujian

: Laboratorium PLTGU

NO.	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	DATA PRODUK	BATASAN MINYAK PELUMAS ISO VG 32
1	Specific Gravity	gr/cc	0.8956	0.850	Maks 0.8816
2	Viscositas Kin, 30 ° C	cst	-	-	-
3	Viscositas Kin, 40 ° C	cst	31.9	32	28.8 – 35.2
4	Viscositas Kin, 100 ° C	cst	5.5	5.2	-
5	Viscositas Index	-	115	100	Min 100
6	Titik Nyala ( PMcc)	° C	250	205	Min 190
7	Kadar Air	ppm	126	-	Maks:500
8	Kadar Asam	mg KOH/gr	0.352	-	Maks 0.3
9	Warna	skl ASTM	6.5	-	Maks 5
10	Jumlah kotoran	NAS	11	-	Maks 6
11	Jumlah Partikel	mikron	-	-	-
12	Tegangan Tembus	kV/cm	-	-	-
13	PH	-	-	-	-

### Mini Lab Report

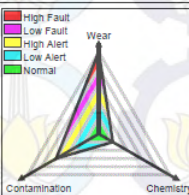
Database	: Oil Analysis PLTGU Ins	Point	: OP1 - Main lube oil msk
Area	: BLOK - PLTGU BLOK 1	Sample	: 33
Equipment	: I.D GT 1.3 - MAIN LUBE OIL GT 1.3	Sample Date	: 21.09.2015 9:19:39 AM

Wear	86
Ferrous Idx	73.6
FCoat Ferrous	0
FCoat NonFe	0
FW Idx	0

Contamination	21
OilLife Idx	0.0
Contam Idx	0.0000
% Water	-
% Water Free	-
FCoat Droplet	3
PC Vol Total	1.71
Cuts > 2	1.412
Cuts > 4	401
Cuts > 15	78
Cuts > 25	31
Cuts > 50	10
Cuts > 100	2.8
ISO > 4	18
ISO > 5	16
ISO > 15	13
NAS 1618	11
PC Vol < 6µm	0.8
PC Vol < 14µm	1.7
PC Vol < 14µm	1.43
System Debris	0.00

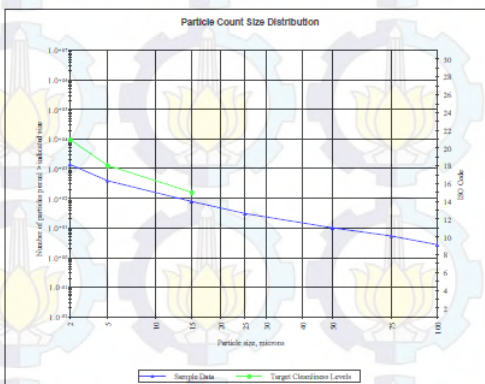
Chemistry	0
Chemical Idx	-6.2
Dielectric	2.113
DV Visc 40C	31.9
DV Visc 50C	-3.9

Observations	
Actions	



PT PJB UP Gresik  
Jl. Hutan Tohri  
Gresik 61112  
031 3984540  
www.pjbp.com

Ref Oil : Shell - Turbo T - 32



## Gambar 4.1 Data Hasil Oil Used Analysis (PT PJB UP Gresik)



## ANALISA DI LABORATORIUM PROPERTI PELUMAS

### 1. **Viskositas pada suhu 40 °C**

Pada uji karakteristik minyak pelumas terdapat nilai 31.9 cSt, yang artinya pada posisi normal. Karena pada data produk menunjukkan nilai 32 cSt.

Batasan oli pada suhu 40 °C adalah 28.8-35.2 cSt.

### 2. **Viskositas pada suhu 100 °C**

Pada uji karakteristik minyak pelumas terdapat nilai 5.5 cSt melebihi data produk .

Batasan oli pada suhu 100 °C adalah minimal 5.2 cSt sesuai data produk.

### 3. ***Total Acid Number (TAN)***

Pada uji karakteristik minyak pelumas terdapat nilai 0.352 mg KOH/gr, dan sudah melebihi batasan minyak pelumas yang telah ditentukan.

Batasan TAN adalah maksimal 0.3 mg KoH/goil

### 4. ***Flash Point***

Pada uji karakteristik minyak pelumas terdapat nilai 250 °C. Dan belum menunjukkan suatu hal yang berbahaya karena nilai minimum data produk ialah 205°C.

Batasan temperatur flash point adalah minimal 190°C

### 5. ***Spesifik Gravity***

Pada uji karakteristik minyak pelumas didapat nilai SG 0.8956 gr/cc. Dan nilai tersebut sudah melebihi data produk (0.850 gr/cc) sehingga perlu dilakukan *maintenance*.

Batasan spesifik gravity adalah antara 0.8816 gr/cc

### 6. **Kontaminasi Air**

Pada uji karakteristik minyak pelumas terdapat nilai 126 ppm dan tidak terlalu berbahaya bagi kinerja mesin, akan tetapi nilai tersebut akan tetap memberi efek negatif pada minyak pelumas.


Batasan kontaminasi air adalah maksimal 500 ppm.

## 4.2 Standard of Oil Used Analysis Inspection

Dengan mengetahui kondisi yang terjadi di pelumasan *gearbox* tersebut kita bisa menganalisa kerusakan yang terjadi dan faktor apa yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada material tersebut.

Setelah dilakukan pengambilan data uji minyak pelumas, maka akan terlihat beberapa hasil yang melebihi batas normal, kemudian dibandingkan dengan tabel tindakan *oil used analysis* standard ASTM ((American Society for Testing and Materials). Setelah itu barulah kita membuat sebuah Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) agar dapat diketahui penyebab terjadinya kerusakan pada *Gearbox Main Lube Oil Pump* serta efek yang terjadi akibat kerusakan *Gearbox*, dan mampu menentukan tindakan yang tepat dalam pencegahan terjadinya kerusakan tersebut.

**Tabel 4.2** Standart Tindakan uji *Oil Use Analysis*



PT PEMBANGKIT JAWA BALI UNIT PEMBANGKIT GRESIK

PIB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM

FORMULIR

FORM LAPORAN PEMERIKSAAN MINYAK PELUMAS

No Dokumen

Tgl Terbit

No Revisi

Halaman

: FM-G-G.03-022

: 01 Agustus 2013

: 00

: 1 dari 1

DATA SAMPLE :

1

Pengirim

:

Sampling Lab

2

Jenis Minyak

:

Gearbox Lube Oil

3

Type

:

Shell Turbo T-32

4

produk Dari

:

Shell

5

Lokasi Sampling

:

GT

6

Tgl Terima Sample

:

7

Tgl Uji Sample

:

8

No SP / Tgl SP

:

9

Tempat Pengujian

:

Laboratorium PLTGU

NO.	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	DATA PRODUK	BATASAN MINYAK PELUMAS ISO VG 32
1	Specific Gravity	gr/cc	x	0.850	Maks 0.8816
2	Viscositas Kin.30 °C	cst	-	-	-
3	Viscositas Kin. 40 °C	cst	x	32	28.8 - 35.2
4	Viscositas Kin. 100 °C	cst	x	5.2	-
5	Viscositas Index	-	x	100	Min 100
6	Titik Nyala ( PMcc)	° C	x	205	Min 190
7	Kadar Air	ppm	x	-	Maks:500
8	Kadar Asam	mg KOH/gr	x	-	Maks:0.3
9	Warna	skl ASTM	x	-	Maks 5
10	Jumlah kotoran	NAS	-	-	Maks 6
11	Jumlah Partikel	mikron	-	-	-
12	Tegangan Tembus	kV/cm	-	-	-
13	PH	-	-	-	-



## 4.2 Fault Tree Analysis (FTA)

*Fault Tree Analysis* adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*Top Event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *Top Event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*).

*Fault Tree Analysis* merupakan metoda yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. *Fault Tree Analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana.







Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi. Konstruksi dari *fault tree analysis* meliputi gerbang logika yaitu gerbang AND dan gerbang OR. Setiap kegagalan yang terjadi dapat digambarkan ke dalam suatu bentuk pohon analisa kegagalan dengan mentransfer atau memindahkan komponen kegagalan ke dalam bentuk simbol (*Logic Transfer Components*) dan *Fault Tree Analysis*.

**Tabel 4.3** Istilah dalam metode *Fault Tree Analysis*

Istilah	Keterangan
<i>Event</i>	Penyimpangan yang tidak diharapkan dari suatu keadaan normal pada suatu komponen dari sistem
<i>Top Event</i>	Kejadian yang dikehendaki pada “puncak” yang akan diteliti lebih lanjut ke arah kejadian dasar lainnya dengan menggunakan gerbang logika untuk menentukan penyebab kegagalan
<i>Logic Event</i>	Hubungan secara logika antara input dinyatakan dalam AND dan OR
<i>Transferred Event</i>	Segitiga yang digunakan simbol transfer. Simbol ini menunjukkan bahwa uraian lanjutan kejadian berada di halaman lain.
<i>Undeveloped Event</i>	Kejadian dasar ( <i>Basic Event</i> ) yang tidak akan dikembangkan lebih lanjut karena tidak tersedianya informasi.
<i>Basic Event</i>	Kejadian yang tidak diharapkan yang dianggap sebagai penyebab dasar sehingga tidak perlu dilakukan analisa lebih lanjut.

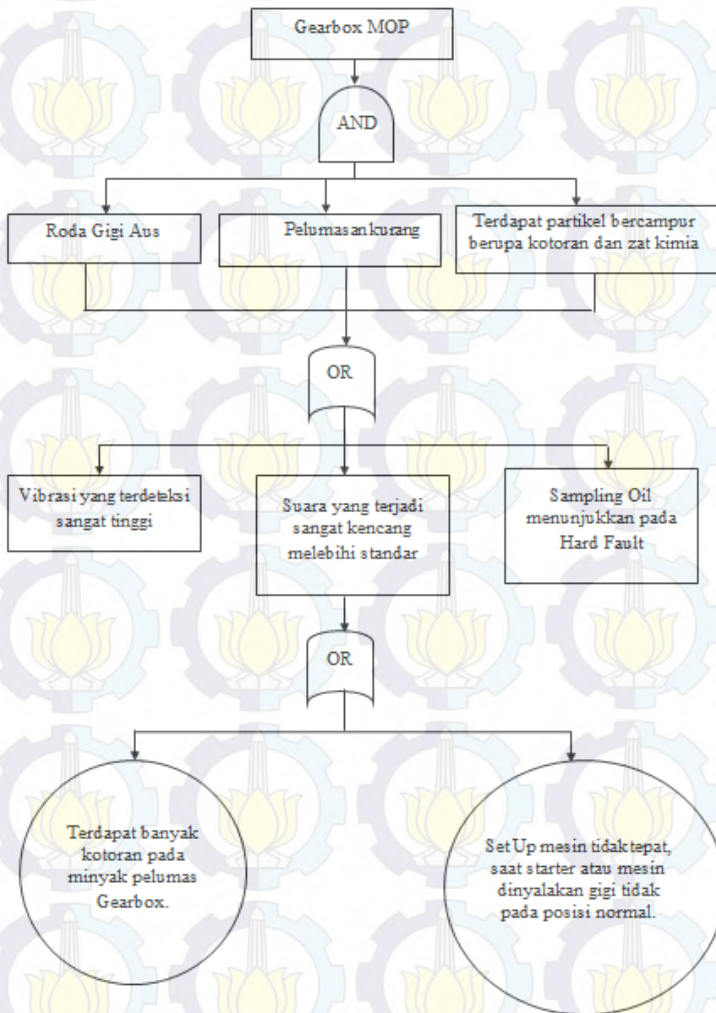
Simbol - simbol dalam *Fault Tree Analysis* yang digunakan dalam menguraikan suatu kejadian disajikan pada tabel berikut ini :

**Tabel 4.4** Simbol-simbol dalam *Fault Tree Analysis*

Simbol	Keterangan
	<i>Top Event</i>
	<i>Logic Event OR</i>
	<i>Logic Event AND</i>
	<i>Transferred Event</i>
	<i>Undeveloped Event</i>
	<i>Basic Event</i>



Berikut adalah penyebab kerusakan Expansion Joint menggunakan Failure Mode and Effect Analysis :



**Gambar 4.2 Diagram *Fault Tree Analysis* penyebab kerusakan Gearbox MLOP**

#### 4.2.2 Failure Mode and Effect Analysis

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pentabelan untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh *engineers* untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. FMEA merupakan teknik evaluasi tingkat keandalan dari sebuah sistem untuk menentukan efek dari kegagalan dari sistem tersebut. Kegagalan digolongkan berdasarkan dampak yang diberikan terhadap kesuksesan suatu misi dari sebuah sistem.

Secara umum, FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu :

- Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya,
- Efek dari kegagalan tersebut,
- Tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

Output dari *Process FMEA* adalah:

- Daftar mode kegagalan yang potensial pada proses.
- Daftar *critical characteristic* dan *significant characteristic*.
- Daftar tindakan yang direkomendasikan untuk menghilangkan penyebab munculnya mode kegagalan atau untuk mengurangi tingkat kejadiannya dan untuk meningkatkan deteksi terhadap produk cacat bila kapabilitas proses tidak dapat ditingkatkan.

Tujuan yang dapat dicapai dengan penerapan FMEA:

- Untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya
- Untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan
- Untuk mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses



FMEA Kerusakan Gearbox Main Lube Oil Pump PL.TGU unit 1.3

Unit : PLTGU - GAS TURBINE PLANT  
 System : Main Lube Oil System  
 Equipment Name : Gearbox MOP  
 Analysts : Ahmad Dwi Yan S

No	System	Sub System	Failure Mode	Failure Effect		Failure Cause	Tindakan Saat Ini	Failure Defense Task / Recommendation
				Local	System			
1	Main Lube Oil System	Gearbox MOP	Gear aus / Overheating  Mengurangi efisiensi gearbox dan kinerja dari Main Lube Oil Pump karena fungsi dari gearbox sebagai pemindah daya penggerak MLOP		Menyebabkan Kinerja dan Fungsi untuk Main Lube Oil Pump tidak maksimal, sehingga berakibat pada menurunnya kerja pelumasan Main Lube Oil Pump	Overheating	1. Predictive maintenance berkala	Cek kerusakan gearbox menggunakan metode Oil Used Analysis
						Roda gigi mengalami overclearan  roda gigi (gears) gearbox aus dan patah secara bertahap		
							2. Penggantian Gears	

### 4.3 Analisa Penyebab Kerusakan *Gearbox*

Dengan meninjau data gambar *oil used analysis* dan setelah mengidentifikasi kerusakan menggunakan Fault Tree Analysis dan Failure Mode and Effect Analysis maka dapat dijelaskan penyebab kerusakan *Gearbox Main Lube Oil Pump* adalah sebagai berikut :

#### 1. Kesalahan Pemasangan Missalignment

*Gearbox* memerlukan penyelarasan secara presisi dengan Motor untuk memastikan efisien dan tidak terjadi kerusakan pada saat mesin bekerja. Keselarasan *gearbox* mengacu pada posisi *gearbox* dalam kaitannya dengan unit penggerak/digerakkan untuk memastikan bahwa *gearbox* dan shaft selaras satu sumbu dengan sempurna.

#### 2. Human Error ketika pengoperasian

Kesalahan yang diakibatkan oleh faktor manusia kemungkinan disebabkan oleh pekerjaan yang berulang-ulang (*repetitive work*) dengan kemungkinan kesalahan. Adanya kesalahan yang terjadi yang disebabkan oleh pekerjaan yang berulang ini sedapat mungkin harus dicegah atau dikurangi, yang tujuannya untuk meningkatkan keandalan seseorang dengan menurunnya tingkat kesalahan yang terjadi.

#### 3. Kurangnya Pelumasan

Untuk bekerja dengan baik, setiap permukaan pada *part gear* harus bergerak pada lapisan tipis film cair. Jika tidak ada, maka permukaan keras dari *gears* akan bergesekan secara langsung antar dua permukaan dan mudah panas secara cepat dan menyebabkan keausan pada setiap benda yang berputar hingga terjadi kegagalan dalam beroperasi. Hal tersebut akan merusak setiap benda yang berputar dan bergesekan pada permukaannya hanya dalam hitungan menit bahkan detik, sehingga sangat perlu digunakan lapisan tipis film cair pada saat beroperasi dan pastikan. Kurangnya pelumasan pada *gearbox* sering dialami ketika mesin berputar tersebut mensirkulasi



minyak pelumas namun terjadi kerusakan pada *oil seal gear* sehingga mengalami kebocoran dan berdampak pada berkurangnya minyak pelumas di dalam *gearbox*.

#### **4. Roda gigi mengalami *Overclearance***

dengan fungsinya sebagai penggerak dan pemindah daya, *clearean* dari roda gigi gear harus selalu diperhatikan demi memaksimalkan kinerja dari *gears* agar tidak terjadi slip atau aus. Jika roda gigi (*gears*) mengalami *overclearance* maka kemungkinan besar terjadi pada proses perpindahan daya antar gear akan terganggu karena bisa slip antargears. Maka dalam riilnya harus sangat diperhatikan kondisi *gears* agar tidak terjadi *overclearance*.

#### **5. Roda gigi aus dan patah secara bertahap**

Fungsi roda gigi (*gears*) sebagai pemindah daya dengan putaran antar gearnya, sangat berbahaya jika terjadi kerusakan pada gears (*helical-spurs gears*) karena dapat mengganggu kinerja *gearbox*. Bahaya yang ditimbulkan berupa kerusakan pada part lain dan beban motor bertambah sehingga mengurangi efisiensi dari *gearbox* itu sendiri. Inspeksi rutin sangat diperlukan untuk menjaga ketahanan dan akan lebih dini diketahui jika terjadi keausan dan patah pada gigi *gearbox*. Pentingnya fungsi dari *gearbox* ini yaitu sebagai penggerak pompa MLOP (*Main Lube Oil Pump*).

### **4.4 Penyebab Kerusakan *Gearbox Main Lube Oil Pump* di Lapangan**

Dengan meninjau data *Failure Mode and Effect Analysis*, maka dapat dijelaskan efek dari kerusakan *gearbox main lube oil pump* adalah sebagai berikut :

#### **1. Mengurangi Efisiensi *gearbox* dalam proses mentransmisi daya *Main Lube Oil Pump***

Kerusakan pada *gearbox* dapat mengurangi tingkat efisiensi kerja serta dapat menambah daya dari kerja *gearbox* yang secara langsung menghambat kerja dari *Main Lube Oil Pump* karena fungsi *gearbox*

ialah sebagai pengubah momen puntir yang akan diteruskan ke spindel mesin pompa oli utama.


## 2. Mengurangi kinerja Main Lube Oil Pump dalam proses pelumasan turbin gas.

Kerusakan pada *gearbox* juga berakibat mengurangi kinerja *main lube oil pump* sehingga tidak maksimal untuk menyuplai pelumasan pada turbin gas yang sedang *running*. Jika hal ini terjadi secara terus menerus maka dapat berakibat fatal yaitu turbin mengalami *trip*.

### 4.5 Pengujian Ulang dan Hasil Setelah *Maintenance*

Setelah dilakukan *corrective maintenance* dengan penggantian *part gears* pada *gearbox* maka akan dilakukan kembali inspeksi *oil used analysis* guna melihat bagaimana keadaan minyak pelumas di dalam *gearbox* untuk memastikan bahwa sudah tidak ada lagi kerusakan di dalam *gearbox* yang sudah di-*overhaul (maintenance)*. Berikut adalah data *oil used analysis* yang diambil setelah dilakukan *maintenance gearbox main lube oil pump* :

**Tabel 4.6** Data oil used analysis setelah dilakukan *maintenance*

		PT PEMBANGKIT JAWA BALI UNIT PEMBANGKIT GRESIK	No Dokumen	: FM-G-G 03-022
		PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM	Tgl Terbit	: 01 Agustus 2013
		FORMULIR	No Revisi	: 00
		FORM LAPORAN PEMERIKSAAN MINYAK PELUMAS	Halaman	: 1 dari 1

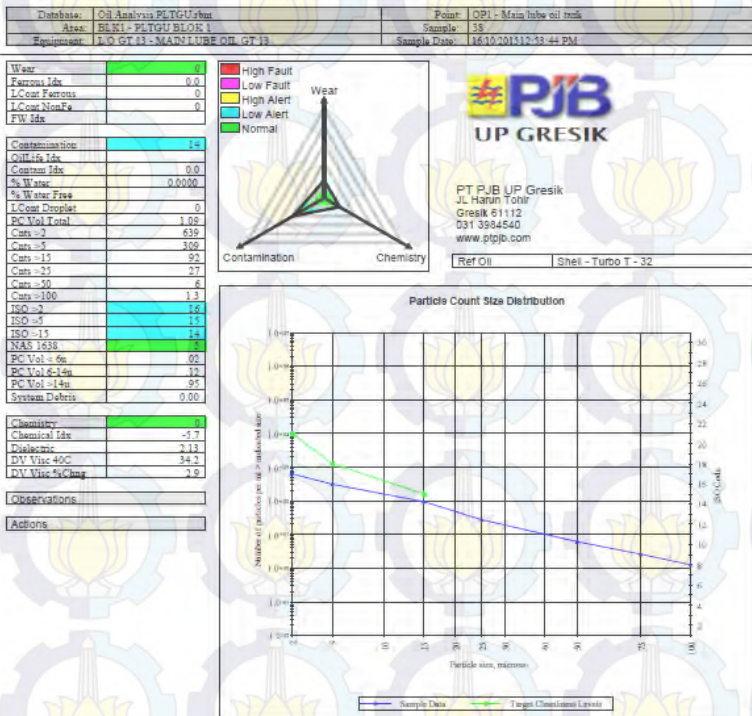
<b>DATA SAMPLE :</b>	
1 Pengirim	: Sampling Lab
2 Jenis Minyak	: Gearbox Lube Oil
3 Type	: Shell Turbo T-32
4 produk Dari	: Shell
5 Lokasi Sampling	: GT 1.3
6 Tgl Terima Sample	: 16 Nov 2015
7 Tgl Uji Sample	: 17 Nov 2015
8 No SP / Tgl SP	: -
9 Tempat Pengujian	: Laboratorium PLTGU

NO.	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	DATA PRODUK	BATASAN MINYAK PELUMAS ISO VG 32
1	Specific Gravity	gr/cc	0.8576	0.850	Maks 0.8816
2	Viscositas Kin. 30 ° C	cst	-	-	-
3	Viscositas Kin. 40 ° C	cst	32.8	32	28.8 - 35.2
4	Viscositas Kin. 100 ° C	cst	5.5	5.2	-
5	Viscositas Index	-	115	100	Min 100
6	Titik Nyalaa ( PMcc)	° C	250	205	Min 190
7	Kadar Air	ppm	11.3	-	Maks.500
8	Kadar Asam	mg KOH/gr	0.052	-	Maks 0.3
9	Warna	skl ASTM	3.5	-	Maks 5
10	Jumlah kotoran	NAS	5	-	Maks 6
11	Jumlah Partikel	mikron	-	-	-
12	Tegangan Tembus	kV/cm	-	-	-
13	PH	-	-	-	-



### Mini Lab Report



**Gambar 4.3 Data oil used analysis yang sudah dilakukan maintenance (PT PJB UP Gresik)**

Pada **Gambar 4.3** menunjukkan hasil data *oil used analysis gearbox main lube oil pump* yang sudah dilakukan maintenance dan menunjukkan hasil pada kondisi yang baik, hal ini dapat dilihat dari menurunnya angka *wear* (keausan), *ferrous index*, dan *contamination* (kontaminasi). *Wear* (tingkat keausan) yang sebelumnya pada saat sebelum dilakukan penggantian yaitu 86 menunjukkan pada level *high fault*, setelah dilakukan penggantian *part gears* (*helical*, *spurs gears*) yang baru tingkat keausannya menunjukkan level normal, serta *contamination* (kontaminasi) sebelum penggantian menunjukkan level *high alert* yaitu pada

nilai 21 turun menjadi level *low alert* yaitu 14 yang didapat dengan cara perbandingan data *oil used analysis* menurut Standart Tabel Tindakan *oil used analysis* referensi dari ASTM (American Society for Testing and Materials).

## ANALISA DI LABORATORIUM PROPERTI PELUMAS

1. **Viskositas Viskositas pada suhu 40 °C**  
Terjadi kenaikan sebesar 0.9 cSt dari kondisi awal (32.8 cSt 31.9 cSt).  
Batasan oli pada suhu 40 oC adalah 28.8-35.2 cSt.
2. **Viskositas pada suhu 100 °C**  
Terjadi keseimbangan cSt dari kondisi awal (5.5 cSt 5.5 cSt).  
Batasan oli pada suhu 100 °C adalah minimal 5.2 cSt.
3. **Total Acid Number (TAN)**  
Terjadi kenaikan sebesar 0.3 mg KoH/g Oil dari kondisi awal (0.052 mg KoH/g Oil menjadi 0.352 mg KOH/g).  
Batasan TAN adalah maksimal 0.3 mg KoH/g oil.
4. **Flash Point**  
Terjadi kesamaan temperatur sebesar dari kondisi awal (250 aC ke 250 °C)  
Batasan temperatur flash point adalah minimal 190°C.
5. **Spesifik Gravity**  
Terjadi penurunan sebesar 0.0050 gr/cc dari kondisi awal (0.8956 ke 0.8576).  
Batasan spesifik gravity adalah antara 0.8816 gr/cc.
6. **Kontaminasi Air**  
Terjadi penurunan sebesar 115.7 ppm dari kondisi awal (126 ppm ke 11.3 ppm).  
Batasan kontaminasi air adalah maksimal 500 ppm.



a. Analisa Data Karakteristik Minyak Pelumas

Meninjau dari **Tabel 4.1**, *Gearbox* main lube oil pump PLTGU unit 1.3 yang menunjukkan data abnormal, dengan data sebagai berikut, SG (spesific Grafity) menunjukkan nilai 0,8956 gr/cc (data produk 0,856) yang artinya berada pada keadaan hard fault, karena semakin besar SG melebihi produk akan berakibat pemuaiian zat pada saat kenaikan suhu sehingga volumenya bertambah. Hal yang mempengaruhi kenaikan Spesific Grafity ialah karena kenaikan massa jenis pada minyak pelumas. Pada minyak pelumas yang sudah terpakai maka nilai massa jenisnya akan lebih tinggi yang disebabkan oleh contamination (kadar air), wear (kotoran, gram, parikel). Pada sisi lain, nilai kadar asam menunjukkan nilai 0.352mg KoHgr (batasan minyak pelumas 0,3 mg KOHgr) yang artinya jika nilai tersebut melebihi produk (0,3 mg KoH/gr) dapat berakibat kontaminasi yang berbahaya bagi mesin gearbox. Hal-hal yang mempengaruhi kenaikan kadar asam karena terdapatnya kandungan air yang mengkontaminasi minyak pelumas.

Selain itu pada hasil tes menunjukkan hasil warna 6,5 yang berarti sudah melebihi data produk standar yang dianjurkan. Karena Penentuan warna produk minyak bumi digunakan terutama untuk keperluan kontrol pabrik dan suatu ciri mutu yang penting karena warna paling mudah diamati, semakin tinggi nilai warna produk maka semakin pekat warnanya. Dalam beberapa kasus warna bertindak sebagai indikasi dari tingkat kemurnian bahan setelah melakukan analisa data.

Pada gambar **Gambar 4.1**, terlihat bahwa nilai contamination adalah 21, yaitu menunjukkan jumlah kontaminasi minyak pelumas yang berada pada level high alert sehingga harus segera dilakukan penanganan maintenance secara cepat. Selain itu juga terdapat nilai wear (keausan) pada uji karakteritik minyak pelumas gearbox dengan nilai 86 dimana minyak pelumas tersebut berada pada kondisi high oil lube telah tercampur dengan gram- fault dimana gram akibat gesekan antar gears yang mengalami aus dan dijelaskan

beberapa penyebab kerusakan gearbox Main Lube oil Pump adalah sebagai berikut Roda Gigi Gearbox Mengalami Aus Patah secara bertahap. sangat diperlukan untuk menjaga Inspeksi rutin ketahanan dan akan lebih dini diketahui jika terjadi keausan dan patah pada gigi gearbox. Pentingnya fungsi dari gearbar ini yaitu sebagai penggerak pompa MLOP (Main Lube Oil Pump).

Pada gearbox Main Lube Oil Pump PLTGU unit 1.3 terjadi kerusakan, setelah dilakukan analisa predictive maintenance dengan metode oil used analysis, terjadinya kerusakan gearbox diakibatkan oleh adanya roda gigi (spurs gear) pada nomor 4 yang aus dan patah secara bertahap sehingga mengakibatkan keausan pada pitch spurs gear ke-5 akibat adanya gesekan secara terus menerus. Akibatnya pitch dari gear 4 tidak menyentuh pitch gear ke-5 sehingga tentu saja gears tidak bisa bergerak sama sekali karena tidak bersentuhan sama sekali. Berawal dari vibrasi dan suara yang tinggi akibat gesekan secara terus menerus, namun gearbox tentu tidak dapat secara langsung di stop, maka dalam hitungan menit gears yang mengalami aus dan patah akan berangsur-angsur habis akibat gesekan.

#### **4.6 Penyebab Kerusakan Gearbox Main Lube Oil Pump di Lapangan**

Dengan meninjau data tabel *oil used analysis* serta setelah mengidentifikasi kerusakan menggunakan *Fault Tree Analysis* dan *Failure Mode and Effect Analysis* maka dapat dijelaskan beberapa penyebab kerusakan gearbox Main Lube Oil Pump adalah sebagai berikut :

- **Roda Gigi Gearbox Mengalami Aus / Patah secara bertahap.**

Inspeksi rutin sangat diperlukan untuk menjaga ketahanan dan akan lebih dini diketahui jika terjadi keausan dan patah pada gigi *gearbox*. Pentingnya fungsi dari *gearbox* ini yaitu sebagai penggerak pompa MLOP



(*Main Lube Oil Pump*). Pada gearbox Main Lube Oil Pump PLTGU unit 1.3 terjadi kerusakan, setelah dilakukan analisa *predictive maintenance dengan metode oil used analysis*, terjadinya kerusakan gearbox diakibatkan oleh adanya roda gigi (*spurs gear*) pada nomor 4 yang aus dan patah secara bertahap sehingga mengakibatkan keausan pada *pitch spurs gear* ke-5 akibat adanya gesekan secara terus menerus. Akibatnya *pitch* dari *gear* 4 tidak menyentuh *pitch gear* ke-5 dan tentu saja tidak bisa bergerak sama sekali. Berawal dari vibrasi yang tinggi namun gearbox tidak secara langsung di-stop, maka dalam hitungan menit gears yang mengalami aus dan patah akan berangsur-angsur habis akibat gesekan.



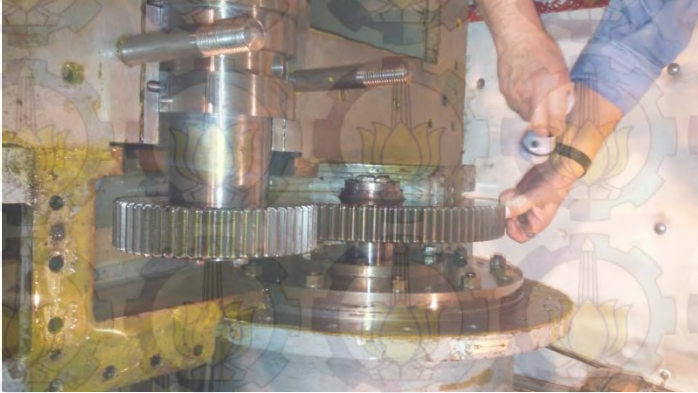
**Gambar 4.4 gear mengalami aus**  
(PT PJB UP Gresik)

#### **4.7 Perawatan Gearbox Main Lube Oil Pump**

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, maka perawatan yang dilakukan pada gearbox ialah:

- a) **Roda Gigi Gearbox Mengalami Aus dan Patah secara bertahap.**

Dilakukan penggantian *sparepart* Roda gigi (*Spurs gears*) *gearbox* dengan melakukan *overhaul*. Pentingnya fungsi dari *gearbox* ini yaitu sebagai penggerak pompa MLOP (*Main Lube Oil Pump*). Setelah dilakukan penggantian kemudian harus teliti pada saat *re-assembly* agar tidak terjadi *missalignment*.



**Gambar 4.5 Gears (spurs gear) yang sudah diganti dengan baru (PT PJB UP Gresik)**



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa dan penelitian yang telah dilakukan dan dibandingkan dengan kondisi sebenarnya yang ada di lapangan, maka dapat disimpulkan :

- Berdasarkan hasil penelitian kerusakan *gearbox* pada *main lube oil pump* PLTGU unit 1.3 di PT. PJB UP GRESIK, diakibatkan oleh adanya keausan dan patah roda gigi secara bertahap, sehingga mengakibatkan efisiensi dari kerja *gearbox* berkurang, dimana *gearbox* merupakan komponen untuk mengontrol putaran pompa pelumasan utama untuk kebutuhan pembangkit.
- Untuk dapat menanggulangi kerusakan yang terjadi, dapat dilakukan perawatan dengan pemantauan kondisi yang terjadwal, apabila *gearbox* mengalami kerusakan, perawatan disesuaikan dengan kondisi kerusakan yang terjadi pada peralatan tersebut, dari hasil penelitian kebocoran minyak pelumas dan *oil used analysis* yang terjadi pada *gearbox main lube oil pump* termasuk dalam kondisi *critical (high fault)*, sehingga *maintenance* yang dilakukan adalah *corrective maintenance* dengan mengganti part *gears* dengan part yang baru.

#### 5.2 Saran

- Setelah mengetahui kerusakan yang terjadi sangat beresiko mengingat kerja *gearbox* sangat vital dalam sistem pelumasan, maka disarankan untuk perawatan preventif diperbanyak dan diperketat lagi agar dapat menanggulangi kerusakan yang lebih parah atau disarankan segera dilakukan penggantian sesuai part sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah pada *gearbox main lube oil pump* unit 1.3 di PLTGU PT. PJB UP GRESIK

- Perlu dilakukan penambahan kegiatan pemeliharaan *predictive maintenance* rutin ketika *Main Lube Oil Pump* dalam kondisi *shutdown* (+/- 2bulan) seperti pengecekan oli dengan metode *Oil Used Analysis* yang berguna untuk mengidentifikasi kegagalan yang terjadi pada suatu peralatan sejak dini, untuk menghemat biaya yang dikeluarkan, untuk perbaikan pada peralatan yang mengalami kerusakan pada kondisi yang parah.
- Dibuatnya data *maintenance record* yang lebih lengkap pada peralatan yang mengalami kerusakan dan dilakukan perbaikan, ini berguna untuk data referensi, agar dapat melakukan antisipasi yang lebih maksimal sehingga dapat mengurangi perbaikan yang lebih maksimal sehingga dapat mengurangi terjadinya kerusakan yang lebih parah dan efek yang lebih membahayakan baik terhadap peralatan maupun terhadap lingkungan.

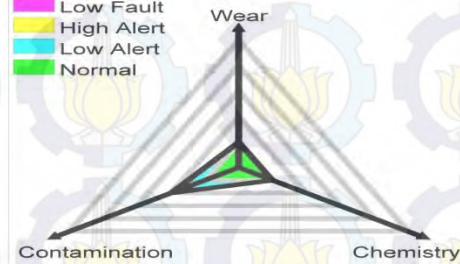


## Mini Lab Report

Database:	Oil Analysis PLTGU.rbm	Point:	OP1 - Main lube oil tank
Area:	BLK1 - PLTGU BLOK 1	Sample:	38
Equipment:	LO GT 13 - MAIN LUBE OIL GT 13	Sample Date:	16/10/2015 12:53:44 PM

Wear	0
Ferrous Idx	0.0
LCont Ferrous	0
LCont NonFe	0
FW Idx	0
Contamination	14
OilLife Idx	0.0
Contam Idx	0.0000
% Water	0
% Water Free	0
LCont Droplet	1.09
PC Vol Total	639
Cnts >2	309
Cnts >5	92
Cnts >15	27
Cnts >25	6
Cnts >50	1.3
Cnts >100	16
ISO >2	15
ISO >5	14
ISO >15	9
NAS 1638	0.02
PC Vol < 6u	.12
PC Vol 6-14u	.95
PC Vol >14u	0.00
System Debris	0
Chemistry	-5.7
Chemical Idx	2.13
Dielectric	34.2
DV Visc 40C	2.9
DV Visc %Chng	
Observations	
Actions	

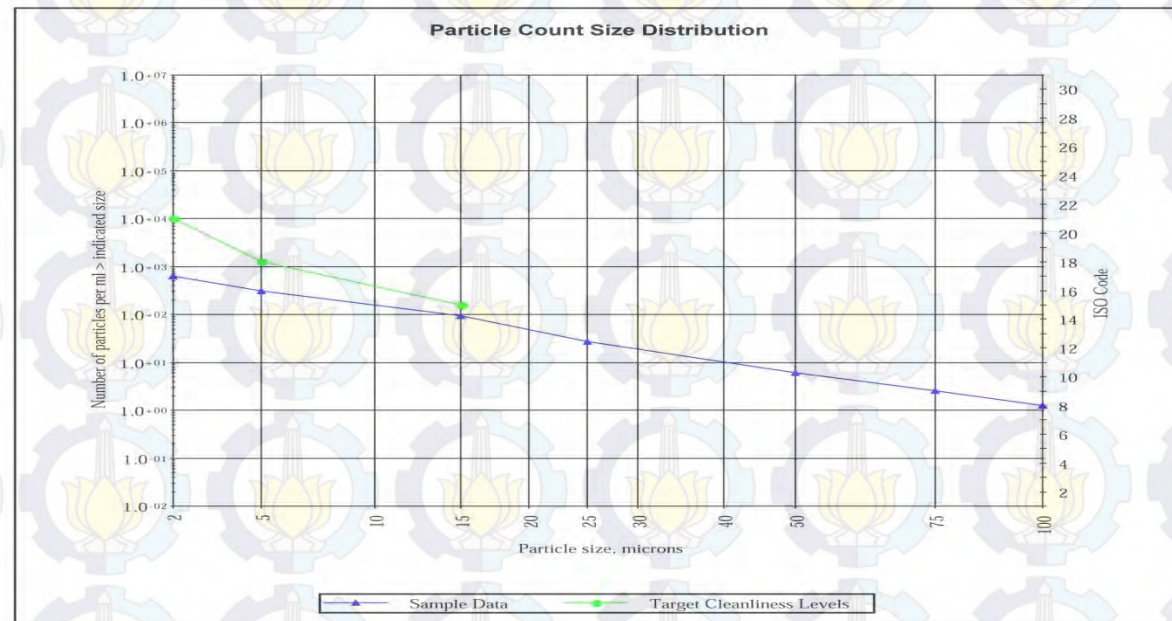
■ High Fault  
■ Low Fault  
■ High Alert  
■ Low Alert  
■ Normal



PT PJB UP Gresik  
 JL Harun Tohir  
 Gresik 61112  
 031 3984540  
[www.ptpjb.com](http://www.ptpjb.com)

Ref Oil

Shell - Turbo T - 32





## Mini Lab Report

Database:	Oil Analysis PLTGU.rbm	Point:	OP1 - Main lube oil tank
Area:	BLK1 - PLTGU BLOK 1	Sample:	35
Equipment:	L O GT 13 - MAIN LUBE OIL GT 13	Sample Date:	21/09/2015 9:59:39 AM

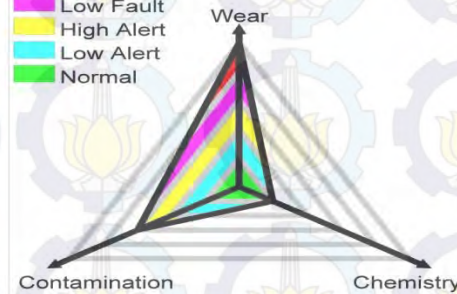
Wear	86
Ferrous Idx	73.6
LCont Ferrous	0
LCont NonFe	0
FW Idx	

Contamination	21
OilLife Idx	
Contam Idx	0.0
% Water	0.0000
% Water Free	
LCont Droplet	3
PC Vol Total	1.71
Cnts >2	1,412
Cnts >5	401
Cnts >15	78
Cnts >25	31
Cnts >50	10
Cnts >100	2.8
ISO >2	18
ISO >5	16
ISO >15	13
NAS 1638	11
PC Vol < 6u	.08
PC Vol 6-14u	.17
PC Vol >14u	1.45
System Debris	0.00

Chemistry	0
Chemical Idx	-6.2
Dielectric	2.13
DV Visc 40C	31.9
DV Visc %Chng	-3.9

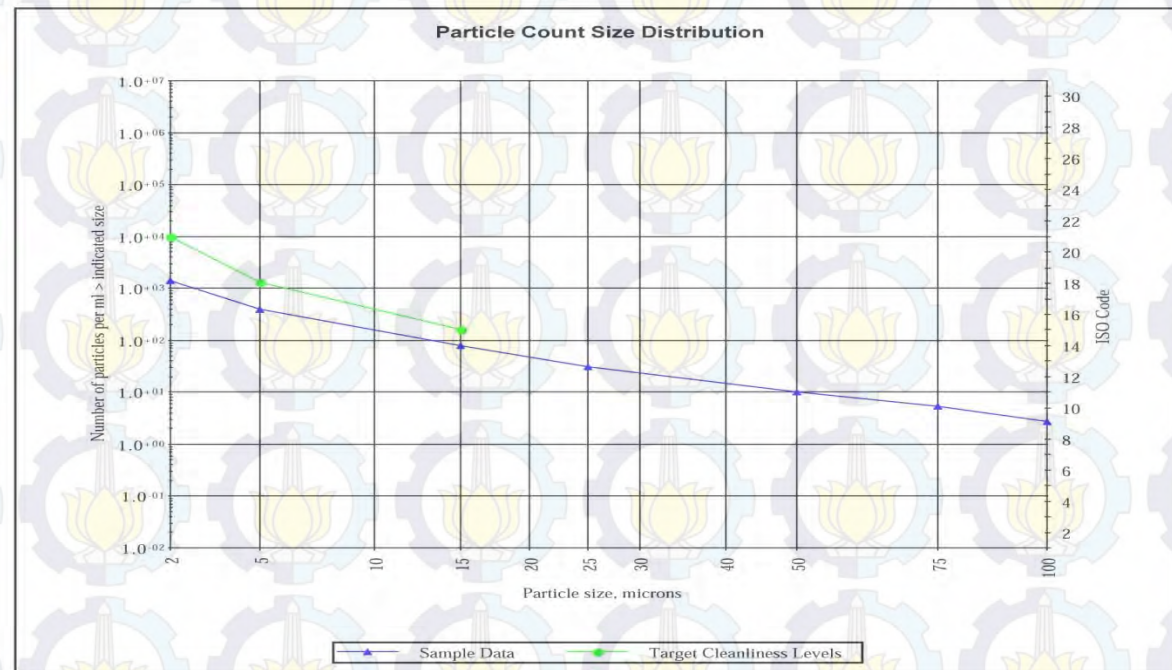
Observations	
Actions	

■ High Fault  
■ Low Fault  
■ High Alert  
■ Low Alert  
■ Normal



PT PJB UP Gresik  
 JL Harun Tohir  
 Gresik 61112  
 031 3984540  
[www.ptpjb.com](http://www.ptpjb.com)

Ref Oil Shell - Turbo T - 32





**DATA SAMPLE :**

1 Pengirim : Sampling Lab  
2 Jenis Minyak : Gearbox Lube Oil  
3 Type : **Shell Turbo T-32**  
4 produk Dari : **Shell**  
5 Lokasi Sampling : **GT 1.3**  
6 Tgl Terima Sample : 19 Okt 2015  
7 Tgl Uji Sample : 21 Okt 2015  
8 No SP / Tgl SP : -  
9 Tempat Pengujian : Laboratorium PLTGU

NO.	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	DATA PRODUK	BATASAN MINYAK PELUMAS ISO VG 32
1	Spesific Grafity	gr/cc	0.8956	0.850	Maks 0,8816
2	Viscositas Kin.30 ° C	cst	--	-	-
3	Viscositas Kin. 40 ° C	cst	31.9	32	28.8 - 35,2
4	Viscositas Kin. 100 ° C	cst	5.5	5.2	-
5	Viscositas Index	--	65	100	Min 100
6	Titik Nyala ( PMcc)	° C	250	205	Min 190
7	Kadar Air	ppm	126	-	Maks.500
8	Kadar Asam	mg KOH/gr	0.352	-	Maks 0.3
9	Warna	skl ASTM	6.5	-	Maks 5
10	Jumlah kotoran	NAS	--	-	Maks 6
11	Jumlah Partikel	mikron	--	-	-
12	Tegangan Tembus	kV/cm	--	-	-
13	PH	-	--	-	-

Keterangan :



**DATA SAMPLE :**

1	Pengirim	: Sampling Lab
2	Jenis Minyak	: Gearbox Lube Oil
3	Type	: <b>Shell Turbo T-32</b>
4	produk Dari	: <b>Shell</b>
5	Lokasi Sampling	: <b>GT 1.3</b>
6	Tgl Terima Sample	: 16 Nov 2015
7	Tgl Uji Sample	: 17 Nov 2015
8	No SP / Tgl SP	: -
9	Tempat Pengujian	: Laboratorium PLTGU

NO.	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	DATA PRODUK	BATASAN MINYAK PELUMAS ISO VG 32
1	Spesific Grafity	gr/cc	0.8576	0.850	Maks 0,8816
2	Viscositas Kin.30 ° C	cst	--	-	-
3	Viscositas Kin. 40 ° C	cst	32.8	32	28.8 - 35,2
4	Viscositas Kin. 100 ° C	cst	5.5	5.2	-
5	Viscositas Index	--	98	100	Min 100
6	Titik Nyala ( PMcc)	° C	250	205	Min 190
7	Kadar Air	ppm	11.3	-	Maks.500
8	Kadar Asam	mg KOH/gr	0.052	-	Maks 0.3
9	Warna	skl ASTM	3.5	-	Maks 5
10	Jumlah kotoran	NAS	--	-	Maks 6
11	Jumlah Partikel	mikron	--	-	-
12	Tegangan Tembus	kV/cm	--	-	-
13	PH	-	--	-	-

Keterangan :







## DAFTAR PUSTAKA

1. Higgins, Lindley R., dan Keith R, Mobbley. **Maintenance Engineering Handbook**, Sixth Edition. McGraw-Hill. New York. 2002
2. Keith R. Mobbley. **An Introduction To Predictive Maintenance**, Second Edition, Elsevier Science. New York. 2002
3. Minkina W, Sebastian Dudzik. **Infrared Thermography, Errors and Uncertainties**. John Willey & Sons, Ltd. 2009
4. Mott Robert L, **Machine Elements in Mechanical Design**, Fourth Edition, International Edition. Canada. 2004
5. OPERATION & MAINTENANCE MANUAL MOP VOL 1 CHAPTER 1.3



## BIODATA PENULIS



Ahmad Dwiyani Syahbana, lahir di Banyuwangi, 26 Januari 1994 merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Khadijah 56 Banyuwangi, SDN 2 Setail Banyuwangi, SMPN 1 Genteng Banyuwangi dan SMAN 1 Genteng Banyuwangi. Setelah lulus dari SMAN tahun 2012, penulis diterima di D3 Teknik Mesin FTI-ITS. Selama kuliah penulis aktif dalam beberapa organisasi yaitu pengurus HMDM 2013-2014

serta aktif di BEM ITS 2013-2014 dan beberapa pelatihan yang diadakan oleh Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selain itu penulis telah melakukan kerja praktek di PT. JOB PERTAMINA – PETROCHINA EAST JAVA, Tuban.

Dalam pengerjaan tugas akhir, penulis membutuhkan waktu pengerjaan kurang lebih 3 bulan pada semester 7 pendidikan di D3 Teknik Mesin FTI-ITS. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa D3 Teknik mesin FTI-ITS khususnya, serta untuk kebermanfaatan orang banyak.

Alamat e-mail: [ahmaddwiyansyahbana@gmail.com](mailto:ahmaddwiyansyahbana@gmail.com)